

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-197615

(43)Date of publication of application : 12.07.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/31  
G11B 5/187

(21)Application number : 2000-394697

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 26.12.2000

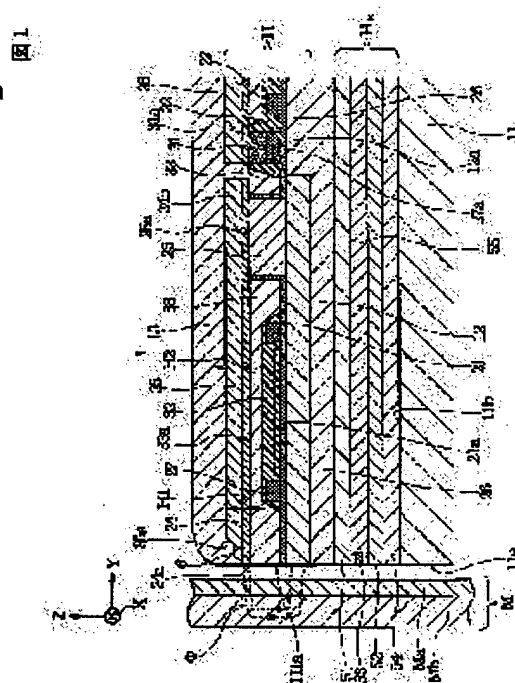
(72)Inventor : TAKAHASHI TORU  
YAZAWA HISAYUKI  
GOCHO HIDENORI  
KOBAYASHI KIYOSHI  
YAMADA MINORU  
SATO KIYOSHI  
WATANABE TOSHINORI

## (54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING HEAD, AND ITS MANUFACTURING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a perpendicular magnetic recording head capable of suppressing the occurrence of side fringing on a recording pattern, forming a main magnetic pole layer with high pattern accuracy, forming the film of a yoke layer to be thick, and increasing passing efficiency, and its manufacturing method.

**SOLUTION:** A main magnetic pole layer 24 is formed on a flat insulated layer 33 and, separately from the main magnetic pole layer 24, a thick yoke layer 35 is laminated on the main magnetic pole layer 24. The front end surface 24a of the main magnetic pole layer 24 is formed in such a shape that a width dimension in a track width direction is increased as it is farther away from an auxiliary magnetic pole layer 21. Thus, a perpendicular magnetic recording head is provided, which is capable of suppressing the occurrence of fringing on a recording pattern, forming the main magnetic pole layer with high pattern accuracy, and properly guiding a recording magnetic field to the tip of the main magnetic pole layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**CLAIMS****[Claim(s)]**

**[Claim 1]** By a record magnetic field being given to the aforementioned auxiliary magnetic pole layer and the aforementioned main pole layer from the coil layer which the auxiliary magnetic pole layer, the insulating layer formed on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer, and the main pole layer formed on the aforementioned insulating layer were prepared, and was laid underground in the aforementioned insulating layer In the vertical-magnetic-recording head which records magnetic data on a record medium by the perpendicular magnetic field concentrated on the aforementioned main pole layer The aforementioned main pole layer is formed on a flattening side, and the front end side of the aforementioned main pole layer is located in an opposed face with a record medium. It is formed in the configuration in which the width-of-face size to the direction of the width of recording track spreads as the aforementioned front end side separates from the aforementioned auxiliary magnetic pole layer. And the width-of-face size of the direction of the width of recording track of the upper surface of the aforementioned front end side is regulated as the width of recording track  $T_w$ . It is formed by thickness thicker than the thickness of the aforementioned main pole layer, and the cross section in a cross section parallel to the aforementioned opposed face is larger than the area of the front end side of the aforementioned main pole layer. And the vertical-magnetic-recording head to which a front end side is characterized by connecting magnetically with the aforementioned main pole layer the yoke layer located in a back side rather than the aforementioned opposed face.

**[Claim 2]** It is the vertical-magnetic-recording head according to claim 1 by which the connection layer which starts from on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer by the back side rather than the aforementioned opposed face is formed, the aforementioned main pole layer is formed on the aforementioned insulating layer by which flattening was carried out, the aforementioned yoke layer is repeatedly formed on the aforementioned main pole layer, and the end face section of the aforementioned main pole layer or the end face section of the aforementioned yoke layer are magnetically connected to the aforementioned connection layer.

**[Claim 3]** It is the vertical-magnetic-recording head according to claim 2 by which the 2nd insulating layer is formed in the circumference of the aforementioned main pole layer, the upper surface of this 2nd insulating layer and the upper surface of a main pole layer are formed by the coplanar, and a yoke layer is formed on the aforementioned flat surface.

**[Claim 4]** The aforementioned main pole layer top is a vertical-magnetic-recording head according to claim 2 by which it is covered by the 3rd insulating layer except for the end face section top of the aforementioned main pole layer, and the aforementioned yoke layer is magnetically connected on the aforementioned end face section.

**[Claim 5]** The connection layer which starts from on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer by the back side rather than the aforementioned opposed face is formed. the aforementioned main pole layer It is formed on the aforementioned insulating layer by which flattening was carried out, and the end face section is located in the aforementioned opposed face side rather than the aforementioned connection layer. The vertical-magnetic-recording head according to claim 1 with which it was formed on the aforementioned insulating layer, the front end side connected with the back end side of the aforementioned main pole layer magnetically, and the end face section of the aforementioned yoke layer has also connected the aforementioned yoke layer magnetically on the aforementioned connection layer.

**[Claim 6]** The connection layer which starts from on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer by the back side rather than the aforementioned opposed face is formed. The aforementioned yoke layer is formed on the aforementioned insulating layer by which flattening was carried out, and the end face section connects it magnetically on the aforementioned connection layer. Moreover, it is the vertical-magnetic-recording head according to claim 1 which the 4th insulating layer is formed between the front end side of the aforementioned yoke layer, and the aforementioned opposed face, and flattening of the upper surface of this 4th insulating layer and the aforementioned yoke layer upper surface is carried out, and piles up a main pole layer with the aforementioned yoke layer on the

aforementioned flattening side, and is formed.

[Claim 7] The connection layer which starts from on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer by the back side rather than the aforementioned opposed face is formed. A magnetic material layer is formed on the aforementioned insulating layer by which flattening was carried out, and the aforementioned magnetic material layer consists of a front field formed by predetermined length towards the height direction from the aforementioned opposed face, and a back field formed towards the height direction back from the end face of the aforementioned front field. It is the vertical-magnetic-recording head according to claim 1 from which the end face section of the aforementioned back field is magnetically connected to the aforementioned connection layer, the thickness of the aforementioned front field is thinly formed compared with the thickness of the aforementioned back field, the aforementioned front field serves as the aforementioned main pole layer, and the aforementioned back field serves as the aforementioned yoke layer.

[Claim 8] The aforementioned front end side of the aforementioned yoke layer put on the aforementioned main pole layer or on the bottom is a vertical-magnetic-recording head given in either of the claims 2, 3, 4, and 6 currently formed in respect of the inclined plane which inclines in the height direction therefore it separates from the aforementioned main pole layer, or the curve.

[Claim 9] Both the side edge side of the direction of the width of recording track of the aforementioned front end side of the aforementioned main pole layer is an inclined plane or a vertical-magnetic-recording head according to claim 1 to 8 currently formed in respect of the curve.

[Claim 10] The manufacture method of the vertical-magnetic-recording head characterized by having the following processes.

(a) It is the process which forms an auxiliary magnetic pole layer by the magnetic material, and on the (b) aforementioned auxiliary magnetic pole layer. The process which fills the aforementioned coil layer top by the insulating layer after forming a connection layer in a back side and forming [ rather than an opposed face with a record medium ] a coil layer through an insulating ground layer between the aforementioned opposed face and a connection layer on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer next, (c) The process which deletes the front face of the aforementioned insulating layer and makes the same field the aforementioned insulating-layer upper surface and the aforementioned connection layer upper surface, (d) The process which forms a resist layer on the aforementioned insulating layer and a connection layer, next keeps spreading at least as the inside width method of the direction of the width of recording track in the aforementioned opposed face separates from the aforementioned auxiliary magnetic pole layer, and forms a pattern in the aforementioned resist layer, (e) The process which removes the aforementioned resist layer after carrying out plating formation of the main pole layer into the aforementioned omission pattern, (f) It forms on the aforementioned insulating layer from on the aforementioned main pole layer, applying the resist layer of thickness thicker than the aforementioned main pole layer. Rather than the aforementioned opposed face, the yoke layer located in a back side extracts in the aforementioned resist layer, and a front end side forms a pattern on the aforementioned main pole layer at it. Or the process which removes the aforementioned resist layer after being on the aforementioned insulating layer, forming towards the height direction from the back end side of the aforementioned main pole layer and carrying out plating formation of the yoke layer into the aforementioned omission pattern.

[Claim 11] The manufacture method of a vertical-magnetic-recording head according to claim 10 of replacing with the aforementioned (f) process and having the following processes.

(g) The process which forms the 2nd insulating layer in the circumference of the aforementioned main pole layer, and forms the upper surface of the 2nd insulating layer of the above, and the upper surface of the aforementioned main pole layer on the same field, (h) It forms on the insulating layer of the above 2nd from on the aforementioned main pole layer, applying the resist layer of thickness thicker than the aforementioned main pole layer. The process which removes the aforementioned resist layer after the yoke layer to which a front end side is located in a back side rather than the aforementioned opposed face extracting in the aforementioned resist layer, forming a pattern on the aforementioned main pole layer and the 2nd insulating layer and carrying out plating formation of the yoke layer into the aforementioned omission pattern.

[Claim 12] The manufacture method of a vertical-magnetic-recording head according to claim 10 of replacing with the aforementioned (f) process and having the following processes.

(i) The process which applies on the aforementioned insulating layer from on the aforementioned main pole layer, and forms the 3rd insulating layer, (j) The process which forms a hole in the 3rd insulating layer of the above formed on the end face section of the aforementioned main pole layer at least, (k) Process which removes the aforementioned resist layer after the yoke layer located in a back side rather than the aforementioned opposed face extracting, and a front end side's forming a pattern after forming the resist layer of thickness thicker than the aforementioned main pole layer on the insulating layer of the above 3rd, and carrying out plating formation of the yoke layer into the aforementioned omission pattern.

[Claim 13] The manufacture method of a vertical-magnetic-recording head according to claim 10 of replacing with the aforementioned (d) process or the (f) process, and having the following processes.

(l) The process which removes the aforementioned resist layer after forming a resist layer on the aforementioned insulating layer, and the yoke layer to which a front end side is located in a back side rather than the aforementioned opposed face extracting, forming a pattern and carrying out plating formation of the yoke layer into the aforementioned omission pattern, (m) The process which newly forms the 4th insulating layer on the aforementioned yoke layer and the aforementioned insulating layer, deletes the 4th insulating layer of the above, and makes the same field the upper surface of the 4th insulating layer of the above, and the upper surface of the aforementioned yoke layer, (n) The resist layer of thickness thinner than the aforementioned yoke layer is formed on the aforementioned yoke layer and the 4th insulating layer. The process which it applies to the resist layer on the aforementioned yoke layer from the resist layer on the insulating layer of the above 4th located in an opposed face side, and a main pole layer extracts, and forms a pattern rather than the front end side of the aforementioned yoke layer, and the process which removes the aforementioned resist layer after carrying out plating formation of the main pole layer into the (o) aforementioned omission pattern.

[Claim 14] The manufacture method of a vertical-magnetic-recording head according to claim 10 of replacing with the aforementioned (d) process or the (f) process, and having the following processes.

A resist layer is formed [ next ] on the aforementioned insulating layer and a connection layer. at least (p) The inside width method of the direction of the width of recording track in the aforementioned opposed face The process which keeps spreading as it separates from the aforementioned auxiliary magnetic pole layer, forms a pattern in the aforementioned resist layer, and forms the end face section of the aforementioned omission pattern even on the aforementioned connection layer further, (q) The process which removes the aforementioned resist layer after carrying out plating formation of the magnetic material layer into the aforementioned omission pattern, (r) Form a resist layer on the aforementioned magnetic material layer, and extract only predetermined distance in the height direction from the opposed face side on the aforementioned magnetic material layer by exposure development, and a pattern is formed. The process which removes a part of aforementioned magnetic material layer exposed out of the aforementioned omission pattern, makes thickness thin, uses this portion as a main pole layer, and uses as a yoke layer the magnetic material layer formed in the bottom of the aforementioned resist layer.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention can form a main pole layer with a sufficient pattern precision while suppressing that start the vertical-magnetic-recording head which records by giving a perpendicular magnetic field to record media, such as a disk which has a hard side, especially fringing occurs to a record pattern, and it can form the thickness of a yoke layer thickly, and aims at offering the vertical-magnetic-recording head which can raise passage efficiency, and its manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] There is vertical magnetic recording as equipment which records magnetic data on record media, such as a disk, by high density. Drawing 38 is the cross section showing the general structure of the vertical-magnetic-recording head used for the equipment of the aforementioned vertical magnetic recording.

[0003] As shown in drawing 38, the vertical-magnetic-recording head H of vertical magnetic recording is formed in the side edge side of the slider 1 which moves [surfaces it and] or slides on a record-medium top, and the aforementioned vertical-magnetic-recording head H is arranged between a nonmagnetic membrane 2 and the nonmagnetic covering film 3 in side edge side 1a of a slider 1.

[0004] The aforementioned vertical-magnetic-recording head H has the auxiliary magnetic pole layer 4 formed with a ferromagnetic material, and the main pole layer 5 which opened the interval and was formed on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 4 and which was similarly formed with a ferromagnetic material, and end-face 4a of the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 4 and end-face 5a of the aforementioned main pole layer 5 have appeared in the opposed face Ha with a record medium M. In the back side, the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 4 and the aforementioned main pole layer 5 are magnetically connected in the magnetic connection 6 rather than the aforementioned opposed face Ha.

[0005] Between the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 4 and the aforementioned main pole layer 5, the nonmagnetic insulating layer 7 by inorganic material, such as aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub>, is located, and end-face 7a of this nonmagnetic insulating layer 7 has appeared in the aforementioned opposed face Ha between end-face 4a of the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 4, and end-face 5a of the aforementioned main pole layer 5.

[0006] And in the aforementioned nonmagnetic insulating layer 7, the coil layer 8 formed with conductive material, such as Cu, is laid underground.

[0007] As shown in drawing 38, the thickness hw of end-face 5a of the main pole layer 5 is smaller than the thickness hr of end-face 4a of the auxiliary magnetic pole layer 4. Moreover, the width-of-face size of end-face 5a of the direction of the width of recording track of the aforementioned main pole layer 5 (the direction of illustration X) is the width of recording track Tw, and this width-of-face size is smaller enough than the width-of-face size of end-face 4a of the direction of the width of recording track of the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 4.

[0008] The record medium M to which magnetic recording is performed by the aforementioned vertical-magnetic-recording head H moves to a Z direction to the vertical-magnetic-recording head H, and the soft side Mb is established for the hard side Ma in the front face in the inner direction.

[0009] When are energized by the aforementioned coil layer 8 and a record magnetic field is guided to the auxiliary magnetic pole layer 4 and the main pole layer 5, the leakage record magnetic field between end-face 4a of the auxiliary magnetic pole layer 4 and end-face 5a of the main pole layer 5 passes through the hard side Ma of a record medium M perpendicularly, and passes along the soft side Mb. Here, since the area of end-face 5a of the main pole layer 5 is smaller enough than the area in end-face 4a of the auxiliary magnetic pole layer 4 as mentioned above, magnetic flux  $\phi$  concentrates in the opposite portion of end-face 5a of the main pole layer 5, and magnetic data are recorded by the aforementioned magnetic flux  $\phi$  to the aforementioned hard side Ma in the portion which end-face 5a counters.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the following troubles occurred with the conventional vertical-magnetic-recording head H shown in drawing 38.

[0011] (1) With the structure shown in drawing 38, \*\*\*\*\* has occurred on the upper surface of the aforementioned nonmagnetic insulating layer 7, and the pattern precision of the main pole layer 5 formed on this falls. It is required to make small area of end-face 5a of the aforementioned main pole layer 5 which has appeared in the aforementioned opposed face Ha especially, to leak, and to centralize a record magnetic field, and in order to attain the high recording density to a record medium M, it is necessary to narrow the width of recording track Tw of the aforementioned end-face 5a.

[0012] Therefore, in drawing 38, it cannot become difficult to \*-truck-ize the width of recording track Tw of end-face 5a of the aforementioned main pole layer 5 with a sufficient pattern precision, and to form it, and it cannot respond to high recording density-ization appropriately.

[0013] (2) In order to lead the magnetic field guided from the aforementioned coil layer 8 to an opposed face Ha, in the field by the side of the back of the aforementioned main pole layer 5, it is required to make large the cross section which passes magnetic flux. However, with the structure shown in drawing 38, the thickness of the aforementioned main pole layer 5 cannot be formed by the thickness which was missing from the height direction (direction of illustration Y) back, and was mostly fixed, therefore cannot enlarge thickness of the aforementioned main pole layer 5 in a back side field, and cannot draw the induction field from the aforementioned coil layer 8 at the nose of cam of the aforementioned main pole layer 5 effectively.

[0014] (3) Like drawing 38, when formed by the film with the aforementioned single main pole layer 5, it is difficult to make extremely small only the width of recording track Tw of the aforementioned end-face 5a of the aforementioned main pole layer 5. That is, it is difficult to make extremely small the width-of-face size of the aforementioned omission pattern only in the portion which extracts in a resist layer, forms a pattern, and forms end-face 5a when [ that ] extracting, forming a magnetic material by plating etc. in a pattern and forming the aforementioned main pole layer 5.

[0015] (4) In case a slider 1 moves between the periphery of the disk-like record medium M, and inner circumference, the angle of skew to which end-face 5a of the aforementioned main pole layer 5 inclines to the rotation tangential direction (illustration Z direction) of a record medium M may occur. If end-face 5a of the main pole layer 5 has an angle of skew to the rotation tangential direction (illustration Z direction) of a record medium as end-face 5a of the main pole layer 5 is a square or a rectangle as shown in drawing 39 here, as a dashed line shows, side side 5b of a main pole layer will give a slanting leakage magnetic field into the width of recording track Tw1, Fringing F will occur, and off-track performance degradation will be caused.

[0016] Then, this invention solves the above-mentioned conventional technical problem, and it aims at offering the vertical-magnetic-recording head which can respond the end face of the aforementioned main pole layer with a sufficient pattern precision to \*\* truck-ization, and its manufacture method.

[0017] Moreover, this invention can enlarge effectively thickness in the back side field of the aforementioned main pole layer, and aims at offering the vertical-magnetic-recording head which can draw the magnetic flux guided from the coil layer suitable for the end face of the aforementioned main pole layer, and its manufacture method.

[0018] Moreover, this invention can suppress that fringing occurs to a record pattern, and aims at offering the vertical-magnetic-recording head which can aim at improvement in an off-track performance, and its manufacture method.

[0019]

[Means for Solving the Problem] The insulating layer by which this invention was formed on the auxiliary magnetic pole layer and the aforementioned auxiliary magnetic pole layer, By a record magnetic field being given to the aforementioned auxiliary magnetic pole layer and the aforementioned main pole layer from the coil layer which the main pole layer formed on the aforementioned insulating layer was prepared, and was laid underground in the aforementioned insulating layer In the vertical-magnetic-recording head which records magnetic data on a record medium by the perpendicular magnetic field concentrated on the aforementioned main pole layer The aforementioned main pole layer is formed on a flattening side, and the front end side of the aforementioned main pole layer is located in an opposed face with a record medium. It is formed in the configuration in which the width-of-face size to the direction of the width of recording track spreads as the aforementioned front end side separates from the aforementioned auxiliary magnetic pole layer. And the width-of-face size of the direction of the width of recording track of the upper surface of the aforementioned front end side is regulated as the width of recording track Tw. It is formed by thickness thicker than the thickness of the aforementioned main pole layer, and the cross section in a cross section parallel to the aforementioned opposed face is larger than the area of the front end side of the aforementioned main pole layer, and it is characterized by connecting magnetically with the aforementioned main pole layer the yoke

layer to which a front end side is located in a back side rather than the aforementioned opposed face.

[0020] In the above-mentioned this invention, the aforementioned main pole layer is formed on the insulating layer by which flattening was carried out. Therefore, the aforementioned main pole layer can be formed with a sufficient pattern precision, and \*\* truck-ization of the aforementioned end face of the aforementioned main pole layer can be attained especially appropriately.

[0021] Moreover, it is possible to be able to suppress appropriately that fringing occurs to a record pattern, and to aim at improvement in an off-track property by forming the size of the direction of the width of recording track of the front end side of the aforementioned main pole layer in this invention in the configuration which spreads gradually as it separates from the aforementioned auxiliary magnetic pole layer.

[0022] Moreover, in this invention, by connecting the large yoke layer of thickness to the aforementioned main pole layer magnetically rather than the aforementioned main pole layer, magnetic flux can be effectively drawn in the aforementioned main pole layer from the aforementioned yoke layer, and passage efficiency becomes good and can improve an over-writing property.

[0023] In this invention, the vertical-magnetic-recording head of concrete structure as shown below can be offered.

[0024] The aforementioned main pole layer is formed on the aforementioned insulating layer by which flattening was carried out, the connection layer which starts from on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer by the back side rather than the aforementioned opposed face is formed, the aforementioned yoke layer is repeatedly formed on the aforementioned main pole layer, and the end face section of the aforementioned main pole layer or the end face section of the aforementioned yoke layer are first connected to the aforementioned connection layer magnetically by this invention. This operation form is drawing 1.

[0025] Moreover, it is desirable that the 2nd insulating layer is formed in the circumference of the aforementioned main pole layer, the upper surface of this 2nd insulating layer and the upper surface of a main pole layer are formed by the coplanar, and a yoke layer is formed on the aforementioned flat surface in this invention. This operation form is drawing 11 and drawing 12.

[0026] Moreover, as for the aforementioned main pole layer top, in this invention, it is desirable that it is covered except for the end face section top of the aforementioned main pole layer at the 3rd insulating layer, and the aforementioned yoke layer is magnetically connected on the aforementioned end face section. This operation form is drawing 5.

[0027] In this invention, the connection layer which starts from on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer by the back side rather than the aforementioned opposed face is formed. or the aforementioned main pole layer It was formed on the aforementioned insulating layer by which flattening was carried out, and the end face section connected magnetically [ the front end side ] to the back end side of the aforementioned main pole layer by having formed the aforementioned yoke layer on the aforementioned insulating layer by being located in the aforementioned opposed face side rather than the aforementioned connection layer, and the end face section of the aforementioned yoke layer has connected magnetically on the aforementioned connection layer. This operation form is drawing 2.

[0028] Or in this invention, the connection layer which starts from on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer by the back side rather than the aforementioned opposed face is formed. The aforementioned yoke layer is formed on the aforementioned insulating layer by which flattening was carried out, and the end face section connects it magnetically on the aforementioned connection layer. Moreover, the 4th insulating layer is formed between the front end side of the aforementioned yoke layer, and the aforementioned opposed face, and flattening of the upper surface of this 4th insulating layer and the aforementioned yoke layer upper surface is carried out, and on the aforementioned flattening side, a main pole layer is piled up with the aforementioned yoke layer, and is formed. This operation form is drawing 3 and drawing 4.

[0029] Or in this invention, the connection layer which starts from on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer by the back side rather than the aforementioned opposed face is formed. A magnetic material layer is formed on the aforementioned insulating layer by which flattening was carried out, and the aforementioned magnetic material layer consists of a front field formed by predetermined length towards the height direction from the aforementioned opposed face, and a back field formed towards the height direction back from the end face of the aforementioned front field. The end face section of the aforementioned back field is magnetically connected to the aforementioned connection layer, the thickness of the aforementioned front field is thinly formed compared with the thickness of the aforementioned back field, the aforementioned front field serves as the aforementioned main pole layer, and the aforementioned back field serves as the aforementioned yoke layer. This operation form is drawing 6.

[0030] Moreover, therefore the aforementioned front end side of the aforementioned yoke layer put on the aforementioned main pole layer or on the bottom in this invention separates from the aforementioned main pole layer, it is desirable to be formed in respect of the inclined plane which inclines in the height direction, or a curve.

[0031] As for the both-sides edge of the direction of the width of recording track of the aforementioned front end side of the aforementioned main pole layer, in this invention, it is still more desirable to be formed in respect of an inclined plane or a curve.

[0032] Next, the manufacture method of the vertical-magnetic-recording head in this invention is characterized by having the following processes.

(a) It is the process which forms an auxiliary magnetic pole layer by the magnetic material, and on the (b) aforementioned auxiliary magnetic pole layer. The process which fills the aforementioned coil layer top by the insulating layer after forming a connection layer in a back side and forming [ rather than an opposed face with a record medium ] a coil layer through an insulating ground layer between the aforementioned opposed face and a connection layer on the aforementioned auxiliary magnetic pole layer next, (c) The process which deletes the front face of the aforementioned insulating layer and makes the same field the aforementioned insulating-layer upper surface and the aforementioned connection layer upper surface, (d) The process which forms a resist layer on the aforementioned insulating layer and a connection layer, next keeps spreading at least as the inside width method of the direction of the width of recording track in the aforementioned opposed face separates from the aforementioned auxiliary magnetic pole layer, and forms a pattern in the aforementioned resist layer, (e) The process which removes the aforementioned resist layer after carrying out plating formation of the main pole layer into the aforementioned omission pattern, (f) It forms on the aforementioned insulating layer from on the aforementioned main pole layer, applying the resist layer of thickness thicker than the aforementioned main pole layer. Rather than the aforementioned opposed face, the yoke layer located in a back side extracts in the aforementioned resist layer, and a front end side forms a pattern on the aforementioned main pole layer at it. Or the process which removes the aforementioned resist layer after being on the aforementioned insulating layer, forming towards the height direction from the back end side of the aforementioned main pole layer and carrying out plating formation of the yoke layer into the aforementioned omission pattern.

[0033] By the above-mentioned manufacture method, the vertical-magnetic-recording head shown in drawing 1 or drawing 2 can be manufactured.

[0034] Or in this invention, it may replace with the aforementioned (f) process and you may have the following processes.

(g) The process which forms the 2nd insulating layer in the circumference of the aforementioned main pole layer, and forms the upper surface of the 2nd insulating layer of the above, and the upper surface of the aforementioned main pole layer on the same field, (h) It forms on the insulating layer of the above 2nd from on the aforementioned main pole layer, applying the resist layer of thickness thicker than the aforementioned main pole layer. The process which removes the aforementioned resist layer after the yoke layer to which a front end side is located in a back side rather than the aforementioned opposed face extracting in the aforementioned resist layer, forming a pattern on the aforementioned main pole layer and the 2nd insulating layer and carrying out plating formation of the yoke layer into the aforementioned omission pattern.

[0035] The vertical-magnetic-recording head shown in drawing 11 and drawing 12 by this manufacture method can be manufactured.

[0036] Or in this invention, it may replace with the aforementioned (f) process and you may have the following processes.

(i) The process which applies on the aforementioned insulating layer from on the aforementioned main pole layer, and forms the 3rd insulating layer, (j) The process which forms a hole in the 3rd insulating layer of the above formed on the end face section of the aforementioned main pole layer at least, (k) Process which removes the aforementioned resist layer after the yoke layer located in a back side rather than the aforementioned opposed face extracting, and a front end side's forming a pattern after forming the resist layer of thickness thicker than the aforementioned main pole layer on the insulating layer of the above 3rd, and carrying out plating formation of the yoke layer into the aforementioned omission pattern.

[0037] The vertical-magnetic-recording head shown in drawing 5 by this manufacture method can be manufactured. Moreover, in this invention, it may replace with the aforementioned (d) process or the (f) process, and you may have the following processes.

(l) The process which removes the aforementioned resist layer after forming a resist layer on the aforementioned insulating layer, and the yoke layer to which a front end side is located in a back side rather than the aforementioned opposed face extracting, forming a pattern and carrying out plating formation of the yoke layer into the aforementioned omission pattern, (m) The process which newly forms the 4th insulating layer on the aforementioned yoke layer and the aforementioned insulating layer, deletes the 4th insulating layer of the above, and makes the same field the upper surface of the 4th insulating layer of the above, and the upper surface of the aforementioned yoke layer, (n) The resist layer of thickness thinner than the aforementioned yoke layer is formed on the aforementioned yoke layer and the 4th

insulating layer. The process which it applies to the resist layer on the aforementioned yoke layer from the resist layer on the insulating layer of the above 4th located in an opposed face side, and a main pole layer extracts, and forms a pattern rather than the front end side of the aforementioned yoke layer, and the process which removes the aforementioned resist layer after carrying out plating formation of the main pole layer into the (o) aforementioned omission pattern.

[0038] The vertical-magnetic-recording head shown in drawing 3 or drawing 4 by this manufacture method can be manufactured.

[0039] Or in this invention, it may replace with the aforementioned (d) process or the (f) process, and you may have the following processes.

A resist layer is formed [ next ] on the aforementioned insulating layer and a connection layer. at least (p) The inside width method of the direction of the width of recording track in the aforementioned opposed face The process which keeps spreading as it separates from the aforementioned auxiliary magnetic pole layer, forms a pattern in the aforementioned resist layer, and forms the end face section of the aforementioned omission pattern even on the aforementioned connection layer further, (q) The process which removes the aforementioned resist layer after carrying out plating formation of the magnetic material layer into the aforementioned omission pattern, (r) Form a resist layer on the aforementioned magnetic material layer, and extract only predetermined distance in the height direction from the opposed face side on the aforementioned magnetic material layer by exposure development, and a pattern is formed. The process which removes a part of aforementioned magnetic material layer exposed out of the aforementioned omission pattern, makes thickness thin, uses this portion as a main pole layer, and uses as a yoke layer the magnetic material layer formed in the bottom of the aforementioned resist layer.

[0040] The vertical-magnetic-recording head shown in drawing 6 by this manufacture method can be manufactured.

[0041]

[Embodiments of the Invention] Drawing 1 is drawing of longitudinal section showing the structure of the vertical-magnetic-recording head of the 1st operation form of this invention.

[0042] The vertical-magnetic-recording head H shown in drawing 1 gives a perpendicular magnetic field to a record medium M, and makes the hard side Ma of a record medium M magnetize perpendicularly.

[0043] The aforementioned record medium M is a disk-like, and the high hard side Ma of residual magnetization has the soft side Mb where magnetic permeability is high in the inner direction, and the center of a disk takes the axis-of-rotation lead, and it is rotated for it by the front face.

[0044] If it is formed with ceramic material, such as aluminum 2O3 and TiC, opposed face 11a of a slider 11 counters the aforementioned record medium M and a record medium M rotates, a slider 11 will surface from the front face of a record medium M by the surface airstream, or a slider 11 will slide on the slider 11 of the aforementioned vertical-magnetic-recording head H at a record medium M. In drawing 1, the move direction of the record medium M to a slider 11 is an illustration Z direction. The vertical-magnetic-recording head H is formed in the trailing side edge side of a slider 11.

[0045] The nonmagnetic insulating layer 54 by inorganic material, such as aluminum 2O3 or SiO2, is formed in side edge side 11b of the aforementioned slider 11, and read station HR is formed on this nonmagnetic insulating layer 54.

[0046] The aforementioned reading section HR consists of the lower shell lower shield layer 52, the gap layer 55, the magnetoresistance-effect element 53, and the up shield layer 51. The aforementioned magnetoresistance-effect elements 53 are an anisotropy magnetoresistance-effect (AMR) element, a huge magnetoresistance-effect (GMR) element, a tunneled type magnetoresistance-effect (TMR) element, etc.

[0047] On the aforementioned up shield layer 51, the nonmagnetic insulating layer 12 by inorganic material, such as aluminum 2O3 or SiO2, is formed, and the vertical-magnetic-recording head H for record of this invention is formed on the aforementioned nonmagnetic insulating layer 12. And the vertical-magnetic-recording head H is covered with the protective layer 13 formed by the inorganic nonmagnetic insulating material etc. And opposed face H1a with the record medium of the aforementioned vertical-magnetic-recording head H is the same side mostly with opposed face 11a of the aforementioned slider 11.

[0048] With the aforementioned vertical-magnetic-recording head H, the aforementioned nonmagnetic insulating layer 12 in which ferromagnetic material, such as a permalloy (nickel-Fe), is plated and the auxiliary magnetic pole layer 21 is formed is formed in the bottom of the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 21 (between the auxiliary magnetic pole layer 21 and side edge side 11b of a slider 11), and the circumference of the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 21. And as shown in drawing 1, surface (upper surface) 21a of the auxiliary magnetic pole layer 21 and surface (upper surface) 12a of the aforementioned nonmagnetic insulating layer 12 are located on the same flat surface.

[0049] As shown in drawing 1, by the back side (the height direction, the direction of illustration Y), the connection

layers 25, such as nickel-Fe, are formed on surface 21a of the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 21 rather than the aforementioned opposed face H1a.

[0050] In the circumference of the aforementioned connection layer 25, the nonmagnetic insulating layers 26, such as aluminum 2O3, are formed on surface 21a of the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 21, and surface 12a of the aforementioned nonmagnetic insulating layer 12, and the coil layer 27 is formed of conductive material, such as Cu, on this nonmagnetic insulating layer 26. This coil layer 27 is formed with frame plating etc., and pattern formation is spirally carried out so that it may become a predetermined number of turns around the aforementioned connection layer 25. On end-connection 27a by the side of the volume center of the coil layer 27, the bottom raising layer 31 similarly formed with conductive material, such as Cu, is formed.

[0051] The aforementioned coil layer 27 and the bottom raising layer 31 are covered with the insulating layer 32 of organic materials, such as resist material, and are further covered by the insulating layer 33.

[0052] As for the aforementioned insulating layer 33, being formed by the inorganic insulating material is desirable, and at least one or more sorts in AlO, aluminum 2O3, SiO2 and Ta 2O5, TiO and AlN, AlSiN, TiN and SiN, Si3N4, NiO, WO, WO3, BN and CrN, and SiON can be chosen as the aforementioned inorganic insulating material.

[0053] And surface (upper surface) 25a of the aforementioned connection layer 25, surface (upper surface) 31a of the bottom raising layer 31, and surface (upper surface) 33a of an insulating layer 33 are processed so that it may become the same side. Such flattening processing is performed using CMP (chemical mechanical polishing) technology etc. so that it may explain by the below-mentioned manufacture method.

[0054] With this 1st operation gestalt, the main pole layer 24 is formed on the aforementioned insulating layer 33, and front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24 is made into the same field as the aforementioned opposed face H1a. Moreover, it was formed on upper surface 25a of the aforementioned connection layer 25, and end face section 24b of the aforementioned main pole layer 24 has connected magnetically.

[0055] As shown in drawing 1, the yoke layers 35, such as a NiFe alloy, are piled up and formed on the aforementioned main pole layer 24. Moreover, rather than the aforementioned opposed face H1a, front end side 35a of the aforementioned yoke layer 35 was located in the height direction back side, is buried in the aforementioned protective layer 13, and has not appeared in opposed face H1a.

[0056] In addition, in this invention, the thickness H2 of the aforementioned yoke layer 35 is formed more thickly than the thickness H1 of the main pole layer 24.

[0057] Moreover, front end side 35a of the aforementioned yoke layer 35 is formed in respect of the inclined plane which inclines in the height direction (the direction of illustration Y) towards the upper surface from the undersurface, or the curve. As for the undersurface of the main pole layer 24 formed on the aforementioned yoke layer 35, and the exterior angle theta between front end side 35a of the aforementioned yoke layer 35, it is desirable that it is 90 degrees or more. It is because the magnetic field which leaks from the aforementioned main pole layer 24 towards the aforementioned yoke layer 35 by this can be lessened and a magnetic field can be centralized by the aforementioned main pole layer 24.

[0058] Moreover, as shown in drawing 1, the lead layer 36 is formed in surface 31a of the aforementioned bottom raising layer 31, and supply of record current is possible in the aforementioned bottom raising layer 31 and the coil layer 27 from the lead layer 36. In addition, it can form with the same material as the aforementioned main pole layer 24 and the yoke layer 35, and the aforementioned lead layer 36 can form simultaneously the main pole layer 24 and the yoke layer 35, and the lead layer 36 by plating. And the aforementioned yoke layer 35 and the aforementioned lead layer 36 are covered by the aforementioned protective layer 13.

[0059] The plan (the direction of an arrow) which looked at the vertical-magnetic-recording head shown in drawing 1 from right above is shown like drawing 10. As shown in the plan of drawing 10, front field 24c of \*\*\*\* in which the aforementioned main pole layer 24 is formed in by the width of recording track Tw with the minute upper surface (field by the side of trailing of the main pole layer 24) of front end side 24a, and this width-of-face size is maintained at, or a width-of-face size spreads a little is formed. Moreover, from the end face of this front field 24c, 24d of back fields is formed, and the size of the direction of the width of recording track is gradually spread and formed in the target at the 24d of the aforementioned back end fields.

[0060] As shown in drawing 10, the aforementioned yoke layer 35 is piled up and formed on 24d of back end fields of the aforementioned main pole layer 24. The aforementioned yoke layer 35 is formed in the configuration to which the width-of-face size to the direction of the width of recording track spreads on a target gradually towards the height direction back.

[0061] In addition, in this invention, it is required for front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24 exposed to the aforementioned opposed face H1a to be larger than the area of front end side 21b of the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 21, for example, as shown in drawing 10, it is desirable [ the width-of-face size Wr of

the direction of the width of recording track of the auxiliary magnetic pole layer 21 ] to be formed with a width-of-face size larger enough than the aforementioned width of recording track Tw.

[0062] In addition, it does not pass over the configuration shown in `<A HREF="/Tokujitu/tjitemdrw.ipdl?N0000=237&N0500=1E_N/;>>689>:///&N0001=620&N0552=9&N0553=000012" TARGET="tjitemdrw"> drawing 10` to an example, and this invention is not limited to this configuration. Namely, in this invention, the area of the cross section which is when cutting the aforementioned yoke layer 35 from a direction parallel to the aforementioned opposed face H1a should just become larger than the area of front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24.

[0063] However, it is desirable of the same grade [ as the size of the 24d / of back end fields of the aforementioned main pole layer 24 / direction of the width of recording track ] or to form the width-of-face size to the direction of the width of recording track of the aforementioned yoke layer 35 (the direction of illustration X) with a width-of-face size smaller than it with the structure shown in drawing 10 . It is because pattern precision may fall and the aforementioned yoke layer 35 may be unable to be appropriately formed with a predetermined configuration in the portion in which the aforementioned yoke layer 35 is formed in the direction of the width of recording track by overflowing rather than the main pole layer 24 of the level difference between the aforementioned main pole layer 24 and an insulating layer 33.

[0064] As it corrects, for example, is shown in drawing 11 (front view), the 2nd insulating layer 56 and 56 is newly formed in the both sides of the direction of the width of recording track of the aforementioned main pole layer 24 (the direction of illustration X). When processing upper surface 24e of the aforementioned main pole layer 24, and upper surface 56a of the 2nd insulating layer 56 of the above into a coplanar using CMP technology etc. and forming the aforementioned yoke layer 35 on it, as shown in drawing 12 (plan) It becomes possible to protrude and form the aforementioned yoke layer 35 rather than the width-of-face size of the direction of the width of recording track of the main pole layer 24. In this case, the yoke layer 35 formed on it can be formed with a sufficient pattern precision by flattening of upper surface 24e of the aforementioned main pole layer 24 and the upper surface 56a of the 2nd insulating layer 56 being carried out appropriately.

[0065] In addition, as for the 2nd insulating layer 56 of the above, being formed by the inorganic insulating material is desirable, and at least one or more sorts in AlO, aluminum 2O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> and Ta 2O<sub>5</sub>, TiO and AlN, AlSiN, TiN and SiN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, NiO, WO, WO<sub>3</sub>, BN and CrN, and SiON can be chosen as the aforementioned inorganic insulating material.

[0066] Moreover, although the aforementioned main pole layer 24 is extended and formed even on the aforementioned connection layer 25 from aforementioned opposed face H1a with the operation form shown in drawing 1 , the aforementioned main pole layer 24 is formed short, for example, and you may form so that the end face section may be located in the aforementioned opposed face H1a side rather than the aforementioned connection layer 25.

[0067] In this case, the 2nd insulating layer 56 shown in the circumference of the aforementioned main pole layer 24 at drawing 11 is formed, and the yoke layer 35 is formed on this. Moreover, a hole is formed on the aforementioned connection layer 25, plating formation of the aforementioned yoke layer 35 is carried out also into this hole, and the aforementioned yoke layer 35 and the connection layer 25 are magnetically connected to the 2nd insulating layer 56 of the above.

[0068] Drawing 2 is drawing of longitudinal section showing the structure of the vertical-magnetic-recording head of the 2nd operation form in this invention.

[0069] The difference with drawing 1 is in the structure of the main pole layer 24 and the yoke layer 35. Although the point currently formed more thickly than the thickness H3 of the aforementioned main pole layer 24 has the the same thickness H4 of the aforementioned yoke layer 35 The aforementioned main pole layer 24 is short formed in the height direction (the direction of illustration Y) from opposed face H1a, front end side 35a of the aforementioned yoke layer 35 connects it magnetically from 24f of back end sides of the aforementioned main pole layer 24, and the aforementioned yoke layer 35 is formed on the aforementioned insulating layer 33 towards the height direction back. And end face section 35b of the aforementioned yoke layer 35 was formed in upper surface 25a of the aforementioned connection layer 25, and will be connected magnetically.

[0070] Drawing 13 is the plan of the vertical-magnetic-recording head of drawing 2 . The aforementioned main pole layer 24 is formed by the width of recording track Tw with the minute width-of-face size to the direction of the width of recording track (the direction of illustration X) of the upper surface (field by the side of trailing of the main pole layer 24) of front end side 24a, and is formed by this width-of-face size or the shape of a width-of-face narrow type in which it applies to the height direction (direction of illustration Y) back from this width-of-face size, and a width-of-face size spreads a little. In addition, as shown in drawing 13 , 24d of back end fields where the width-of-face size to the direction of the width of recording track spreads on a target gradually towards the height direction back may be formed in the aforementioned main pole layer 24.

[0071] The aforementioned yoke layer 35 is formed from 24f of back end sides of the aforementioned main pole layer

24, and towards the height direction back, gradually, the width-of-face size to the direction of the width of recording track spreads on a target, and, as for the aforementioned yoke layer 35, is formed.

[0072] In addition, it does not pass over the configuration shown in drawing 13 to an example, and this invention is not limited to this configuration. Namely, in this invention, the area of the cross section which is when cutting the aforementioned yoke layer 35 from a direction parallel to the aforementioned opposed face H1a should just become larger than the area of front end side 24a of the aforementioned main pole layer.

[0073] Drawing 3 is drawing of longitudinal section showing the structure of the vertical-magnetic-recording head of the 3rd operation form in this invention.

[0074] The difference with drawing 1 is in the structure of the main pole layer 24 and the yoke layer 35. Although the thickness H6 of the yoke layer 35 is large compared with the thickness H5 of the aforementioned main pole layer 24 also with this operation form, the aforementioned yoke layer 35 is formed on the aforementioned insulating layer 33, and end face section 35b of the aforementioned yoke layer 35 is magnetically connected to upper surface 25a of the aforementioned connection layer 25.

[0075] Moreover, front end side 35a of the aforementioned yoke layer 35 is formed in respect of the inclined plane which approaches the aforementioned opposed face H1a towards the upper surface from the undersurface, or the curve. As for the undersurface of the main pole layer 24 formed on the aforementioned yoke layer 35, and the exterior angle theta between front end side 35a of the aforementioned yoke layer 35, it is desirable that it is 90 degrees or more. It is because the magnetic field which leaks from the aforementioned main pole layer 24 towards the aforementioned yoke layer 35 by this can be lessened and a magnetic field can be centralized by the aforementioned main pole layer 24.

[0076] As shown in drawing 3, the circumference of the aforementioned yoke layer 35 is buried by the 4th new insulating layer 57. In addition, as shown in drawing 3, from front end side 35a of the yoke layer 35, in the opposed face H1a side, it is buried by the 4th insulating layer 57 of the above, and the 4th insulating layer 57 of the above appears from aforementioned opposed face H1a. In this invention, flattening processing has accomplished the upper surface of the 4th insulating layer 57 of the above, and the upper surface of the aforementioned yoke layer 35 using CMP technology etc.

[0077] As for the 4th insulating layer 57 of the above, being formed by the inorganic insulating material is desirable, and at least one or more sorts in AlO, aluminum 2O3, SiO2 and Ta 2O5, TiO and AlN, AlSiN, TiN and SiN, Si3N4, NiO, WO, WO3, BN and CrN, and SiON can be chosen as the aforementioned inorganic insulating material.

[0078] And in this invention, it applies on the yoke layer 35 from on the 4th insulating layer 57 of the above by which flattening was carried out [ aforementioned ], and the main pole layer 24 is formed.

[0079] Drawing 14 is the plan of the vertical-magnetic-recording head shown in drawing 3. As shown in drawing 14, flat-surface formation of the aforementioned yoke layer 35 is carried out at 35d of back end fields in which the aforementioned width-of-face size spreads on a target gradually towards the height direction back from front field 35c of \*\*\*\* by which the width-of-face size to the direction of the width of recording track was made thin, and this end face.

[0080] In addition, the width-of-face size to the direction of the width of recording track of the aforementioned front field 35c is formed more greatly than the width of recording track Tw.

[0081] As shown in drawing 14, front end side 24a appears in the aforementioned opposed face H1a, and the upper surface of the aforementioned front end side 24a is formed for the main pole layer 24 formed on the aforementioned yoke layer 35 from on the 4th insulating layer 57 of the above, having applied by the width of recording track Tw. The aforementioned main pole layer 24 is a width-of-recording-track size from aforementioned front end side 24a to the height direction back, or flat-surface formation is carried out from it at 24d of back fields in which the size of the width of recording track spreads on a target gradually towards the height direction back from mist and broad and formed front field 24c and aforementioned field [ front ] 24c.

[0082] In addition, it does not pass over the configuration shown in drawing 14 to an example, and this invention is not limited to this configuration. Namely, in this invention, the area of the cross section which is when cutting the aforementioned yoke layer 35 from a direction parallel to the aforementioned opposed face H1a should just become larger than the area of front end side 24a of the aforementioned main pole layer.

[0083] For example, gradually, front field 35c of \*\*\*\* may not be formed in the aforementioned yoke 35, but it may be formed only at 35d of back fields at it, and 24d of back fields where a width-of-face size spreads on a target is not formed, but as shown by the alternate long and short dash line, the field of \*\*\*\* may be extended even back and may be formed in the main pole layer 24.

[0084] Drawing 4 is drawing of longitudinal section showing the structure of the vertical-magnetic-recording head of the 4th operation form in this invention.

[0085] The difference from drawing 3 is only the point that the main pole layer 24 is formed in the height direction

back by short length from aforementioned opposed face H1a.

[0086] Drawing 15 is the plan of the vertical-magnetic-recording head shown in drawing 4 . As shown in drawing 15 , it is formed by short length, main pole applying [ aforementioned / 24 ] it on the aforementioned yoke layer 35 from on the 4th insulating layer 57 made into the same flat side as the upper surface of the aforementioned yoke layer 35. The aforementioned main pole layer 24 is formed by the width of recording track Tw with the minute length of the direction of the width of recording track of the upper surface of the front end side 24a, and maintains this width-of-face size, or becomes a little broader than this width-of-face size, and is formed towards the height direction back. It may be formed although front field 35c of \*\*\*\* as shown in drawing 14 is not formed in the yoke layer 35 shown in drawing 15 . At drawing 15 , the aforementioned yoke layer 35 is formed in the configuration to which the width-of-face size of the direction of the width of recording track spreads on a target gradually.

[0087] Drawing 16 is plan with the another vertical-magnetic-recording head shown in drawing 4 , and the aforementioned main pole layer 24 of the difference from drawing 15 is the point that the width-of-face size from front field 24c and the end face of \*\*\*\* to the direction of the width of recording track consists of 24d of back fields which spread on a target gradually. Introduction of the magnetic flux from the aforementioned yoke layer 35 to the main pole layer 24 can be made good by this, and it is possible to manufacture the vertical recording magnetic head which can attain high recording density-ization effectively.

[0088] In addition, it does not pass over the configuration shown in drawing 15 and drawing 16 to an example, and this invention is not limited to this configuration. Namely, in this invention, the area of the cross section which is when cutting the aforementioned yoke layer 35 from a direction parallel to the aforementioned opposed face H1a should just become larger than the area of front end side 24a of the aforementioned main pole layer.

[0089] Drawing 5 is drawing of longitudinal section showing the structure of the vertical-magnetic-recording head of the 5th operation form in this invention.

[0090] By the vertical-magnetic-recording head and drawing 1 which are shown in drawing 5 , the structures of the main pole layer 24 and the yoke layer 35 differ.

[0091] Although the thickness H8 of the yoke layer 35 is formed also with the structure shown in drawing 5 more greatly than the thickness H7 of the main pole layer 24, the aforementioned main pole layer 24 is upper surface 33a of the aforementioned insulating layer 33, and is formed in the height direction (direction of illustration Y) back by short length from aforementioned opposed face H1a. Although its distance is furthermore kept a little in the height direction from the back end side of the aforementioned main pole layer 24 and the 3rd new insulating layer 58 is formed in piles on the aforementioned insulating layer 33, the 3rd insulating layer 58 of the above is not formed on the aforementioned connection layer 25 and the bottom raising layer 31.

[0092] As for the above 58, being formed by the inorganic insulating material is desirable, and at least one or more sorts in AlO, aluminum 2O3, SiO2 and Ta 2O5, TiO and AlN, AlSiN, TiN and SiN, Si3N4, NiO, WO, WO3, BN and CrN, and SiON can be chosen as the aforementioned inorganic insulating material.

[0093] Moreover, although a part of 3rd insulating layer 58 of the above is formed also on the aforementioned main pole layer 24, it is not formed on end face section 24b of the aforementioned main pole layer 24. The 3rd insulating layer 58 of the above formed on the aforementioned main pole layer 24 has the role which protects the aforementioned main pole layer 24 from etching at the time of removing the plating ground layer formed in the circumference of the yoke layer 33 so that it may explain by the below-mentioned manufacture method.

[0094] The yoke layer 35 is formed on the 3rd insulating layer 58 formed in the height direction back rather than the aforementioned main pole layer 24. It was formed on end face section 24b of the aforementioned main pole layer 24 exposed from hole 58a formed in the 3rd insulating layer 58 of the above, and the front of the aforementioned yoke layer 35 has connected with the aforementioned main pole layer 24 magnetically.

[0095] Front end side 35a of the aforementioned yoke layer 35 is formed in a back side rather than opposed face H1a, and, in the opposed face H1a side, it will be buried from the aforementioned front end side 35a by the protective layer 13. Moreover, being formed in respect of the inclined plane which is missing from the upper surface from the undersurface, and becomes deep towards the height direction, or a curve can suppress that a magnetic field leaks from the aforementioned main pole layer 24 to the aforementioned yoke layer 35, and the aforementioned front end side 35a has it, as shown in drawing 5 . [ desirable ]

[0096] As for the exterior angle theta between the aforementioned front end side 35a and the undersurface, it is desirable that it is 90 degrees or more. Moreover, it was formed on the aforementioned connection layer 25, and end face section 35b of the aforementioned yoke layer 35 has connected magnetically.

[0097] Moreover, the lead layer 36 formed at the same process as the aforementioned yoke layer 35 is formed on the aforementioned bottom raising layer 31.

[0098] Drawing 17 is the plan of the vertical-magnetic-recording head shown in drawing 5 . As shown in drawing 17 ,

the aforementioned main pole layer 24 consists of 24d of back fields in which the width-of-face size from this end face to front field 24c which the width-of-face size of the direction of the width of recording track of the upper surface of front end side 24a is formed with the minute size of the width of recording track Tw, and maintains this width-of-face size, or becomes a little broad towards the height direction, and the direction of the width of recording track spreads on a target gradually. Or as shown in an alternate long and short dash line, the aforementioned main pole layer 24 may consist of only front fields which maintain the width of recording track Tw, or become a little broad towards the height direction.

[0099] As shown in drawing 17, the yoke layer 35 which connected magnetically on end face section 24b of the aforementioned main pole layer 24 is formed in the configuration to which the size of the direction of the width of recording track spreads on a target gradually towards the height direction back. In addition, front field 35c of \*\*\*\* shown by drawing 14 etc. may be formed in the aforementioned opposed face H1a side of the aforementioned yoke layer 35.

[0100] In addition, it does not pass over the configuration shown in drawing 17 to an example, and this invention is not limited to this configuration. Namely, in this invention, the area of the cross section which is when cutting the aforementioned yoke layer 35 from a direction parallel to the aforementioned opposed face H1a should just become larger than the area of front end side 24a of the aforementioned main pole layer.

[0101] Drawing 6 is drawing of longitudinal section showing the structure of the vertical-magnetic-recording head of the 6th operation form in this invention.

[0102] The difference from drawing 1 is in the structure of the main pole layer 24 and the yoke layer 35. In drawing 6, the magnetic material layer 69 which the portion of the aforementioned main pole layer 24 and the portion of the aforementioned yoke layer 35 unified is formed on the aforementioned insulating layer 33. As shown in drawing 6, the aforementioned magnetic material layer 69 consists of a main pole layer 24 of a front field, and a yoke layer 35 of the back field formed towards the height direction from the end face of the aforementioned front field to predetermined length from aforementioned opposed face H1a to the height direction back. It was formed in upper surface 25a of the aforementioned connection layer 25, and end face section 35b of the back field used as the aforementioned yoke layer 35 has connected magnetically.

[0103] With this operation form, as shown in drawing 6, the thickness H10 of the aforementioned yoke layer 35 is formed more thickly than the thickness H9 of the aforementioned main pole layer 24.

[0104] Drawing 18 is the plan of the vertical-magnetic-recording head shown in drawing 6. As shown in drawing 18, the upper surface of front end side 24a of the main pole layer 24 is formed by the width of recording track Tw with the minute width-of-face size of the direction of the width of recording track. Front field 24c which maintains this width-of-face size, or becomes a little broad towards the height direction is formed, and the aforementioned front field 24c has become the main pole layer 24. And the back end field used as the yoke layer 35 to which it applies in the height direction from the end face of the aforementioned front field 24c, and the width-of-face size of the direction of the width of recording track spreads on a target gradually unifies, and is formed.

[0105] As mentioned above, although the structure of the operation form of this invention shown in drawing 1 or drawing 6 was explained, it is as follows when the focus in this invention is summarized.

[0106] (1) the above -- also in which operation form, the aforementioned main pole layer 24 is formed on the field by which flattening was carried out Drawing 1, drawing 2, drawing 5, and drawing 6 are formed on an insulating layer 33, and flattening of the upper surface 33a of the aforementioned insulating layer 33 is carried out by polish processing by CMP technology etc. Moreover, in drawing 3 and drawing 4, it is formed on the 4th insulating layer 57 and the yoke layer 35, and flattening of the upper surface of the 4th insulating layer 57 of the above and the yoke layer 35 is carried out by polish processing of CMP technology etc.

[0107] Thus, by this invention, with any operation form, since the aforementioned main pole layer 24 is formed on the flattening side, it can raise the pattern precision at the time of forming the aforementioned main pole layer 24, and can form the upper surface of end-face 24a correctly and easily before the aforementioned main pole layer 24 especially at the minute width of recording track Tw. Therefore, in this invention, it can respond to \*\* truck-ization appropriately, and it is possible to manufacture the vertical-magnetic-recording head which can respond to future high recording density-ization. In addition, in this invention, as for the aforementioned width of recording track Tw, it is desirable that it is 0.7 micrometers or less, and it is 0.5 micrometers or less more preferably.

[0108] (2) By this invention, the thickness of the yoke layer 35 can be formed with any operation form more thickly than the thickness of the main pole layer 24. With the operation form shown in drawing 1 or drawing 5, the main pole layer 24 and the yoke layer 35 are separately formed by each. Thus, by making the manufacturing process of the main pole layer 24 and the yoke layer 35 into another process, the thin main pole layer 24 of thickness and the thick yoke layer 35 of thickness can be formed easily, and the aforementioned yoke layer 35 which therefore has the cross section

larger enough than front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24 can be formed. Therefore, a record magnetic field can be drawn suitable for the aforementioned main pole layer 24 from the aforementioned yoke layer 35, and the passage efficiency of magnetic flux becomes good and can improve an over-writing property.

[0109] Moreover, although the main pole layer 24 and the yoke layer 35 are formed in one with the operation form shown in drawing 6, also in this operation form, it is possible to form the thickness of the aforementioned yoke layer 35 more thickly than the thickness of the aforementioned main pole layer 24 by preparing a level difference between the aforementioned yoke layer 35 and the main pole layer 24. In addition, about the manufacture method, it mentions later.

[0110] (3) With the operation form shown in drawing 1 or drawing 5, since the main pole layer 24 and the yoke layer 35 are separately formed by each, the width-of-recording-track size of the main pole layer 24 can be set up as a thing different from the width-of-face size of the aforementioned yoke layer 35.

[0111] Namely, if it is the configuration with which the main pole layer 24 and the yoke layer 35 were united like before Linear dimension to the height direction of the main pole layer 24 formed by the width of recording track Tw is shortened as much as possible. It becomes possible for the direction which forms the broad yoke layer 35 in the position from which it is not so much separated of distance in the height direction to be able to protect the magnetic saturation of the aforementioned main pole layer 24 from aforementioned opposed face H1a, to be able to make the aforementioned main pole layer 24 collect magnetic flux, and to obtain high recording density.

[0112] However, if linear dimension to the height direction of the aforementioned main pole layer 24 is shortened too much, from the problem of pattern precision, the predetermined width of recording track Tw will be hard to prescribe the width-of-face size of front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24, and it will become easy to generate dispersion in the configuration of the width of recording track Tw or the main pole layer 24.

[0113] On the other hand, when forming separately the main pole layer 24 and the yoke layer 35 like this invention, for example, as shown in drawing 12 or drawing 17 Even if it forms front field 24c of \*\*\*\* formed by the width of recording track Tw of the aforementioned main pole layer 24 for a long time Since it becomes possible to lay the aforementioned yoke layer 35 on top of the front field 24c top of the aforementioned main pole layer 24, or the bottom, and to bring close and form the aforementioned yoke layer 35 in the aforementioned opposed face H1a side While being able to aim at concentration of magnetic flux, it becomes possible for pattern precision to be good and to form the aforementioned main pole layer 24 by the predetermined width of recording track Tw. Moreover, the flexibility of a design of the main pole layer 24 and the yoke layer 35 increases.

[0114] Therefore, when forming the yoke layer 35 on 24d of broad back fields formed in the main pole layer 24 in the case of drawing 1 as shown in drawing 10 if it carries out from the above-mentioned viewpoint, front field 24c of the aforementioned main pole layer 24 must be made short to L1, and it becomes easy to generate dispersion in the width of recording track Tw or a configuration. For this reason, if the circumference of the aforementioned main pole layer 24 is fill uped with the 2nd insulating layer 56 and flattening of the aforementioned main pole layer 24 and the 2nd insulating layer 56 is carried out with CMP technology as shown in drawing 11 and drawing 12 Since it becomes possible to form the yoke layer 35 on the 2nd insulating layer 56 by which flattening was carried out As shown in drawing 12, the yoke layer 35 can be piled up on front field 24c of the main pole layer 24, therefore, front field 24c of the aforementioned main pole layer 24 is extended for a long time to L2, pattern precision is raised, and it becomes possible to form by the predetermined width of recording track Tw.

[0115] (4) With any operation form of this invention, as shown in drawing 7 and drawing 8 (all are front view), it is the inclined plane or curve side where the width-of-face size to the direction of the width of recording track (the direction of illustration X) spreads [ the side sides 24g and 24g of front end side 24a of the main pole layer 24 ] towards the undersurface to the upper surface. And the upper surface (end face by the side of trailing of the main pole layer 24) of front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24 is regulated as the width of recording track Tw.

[0116] Thus, if the side sides 24g and 24g of front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24 are made into an inclined plane or a curve side and the configuration of the aforementioned front end side 24a is a \*\*\*\* trapezoidal shape The 24g of the aforementioned side sides shown by (iii) though an angle of skew is produced as the dashed line of drawing 9 shows when the aforementioned \*\*\*\* medium records by running to an illustration Z direction does not overflow aslant the recording track width of face Tw1 into the side greatly. Therefore, fringing by the 24g of the aforementioned side sides can be prevented now, and improvement in an off-track performance can be aimed at.

[0117] Moreover, as shown in the dotted line of drawing 7 and drawing 8, although the upper surfaces 33a and 57b of the insulating layers 33 and 57 currently formed in the undersurface both sides of the aforementioned main pole layer 24 are inclining or curving in the direction of the undersurface as they separate from the main pole layer 24, they depend this on the influence of etching at the time of removing the aforementioned insulating layers 33 other than under the aforementioned main pole layer 24, and the excessive plating ground layer 71 formed on 57.

[0118] (5) When forming separately the main pole layer 24 and the yoke layer 35 like the operation form shown in drawing 1 or drawing 5, it is possible to form the main pole layer 24 by the magnetic material which has saturation magnetic flux density higher than the aforementioned yoke layer 35.

[0119] This sometimes gives the magnetic flux  $\phi$  with high density perpendicularly possible to the hard side Ma of a record medium M from front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24 with the cross section of the direction of the width of recording track smaller than the aforementioned yoke layer 35, and an over-writing property can be raised.

[0120] With this vertical-magnetic-recording head H, if record current is given to the coil layer 27 through the lead layer 36, a record magnetic field will be guided to the auxiliary magnetic pole layer 21 and the yoke layer 35 by the current magnetic field of the current which flows the coil layer 27. As shown in each operation form, in opposed face H1a, the leakage record magnetic field from front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24 and front end side 21b of the auxiliary magnetic pole layer 21 penetrates the hard side Ma of a record medium M, and passes through the soft side Mb. Since the area of front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24 is smaller enough than the area of front end side 21b of the auxiliary magnetic pole layer 21, it leaks to front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24, the magnetic flux  $\phi$  of a record magnetic field concentrates, the aforementioned hard side Ma is perpendicularly magnetized by this magnetic flux  $\phi$  currently concentrated, and magnetic data are recorded.

[0121] Next, the manufacture method of the vertical-magnetic-recording head of each operation form is explained below. Drawing 19 or drawing 21 is the common manufacturing process of each operation form. In addition, 1 process drawing shown in drawing 32 from drawing 19 shows drawing of longitudinal section of a vertical-magnetic-recording head.

[0122] At the process shown in drawing 19, after forming the auxiliary magnetic pole layer 21 made from a magnetic material on the nonmagnetic insulating layer 12, the height direction back of the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 21 is also fill uped with the aforementioned nonmagnetic insulating layer 12, and carries out flattening processing of the upper surface of the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 21 and the nonmagnetic insulating layer 12 using CMP technology etc. further.

[0123] Next, behind [ height direction ] the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 21, plating formation of the connection layer 25 made from a magnetic material is carried out, it applies to the upper surface of the connection layer 25 from the auxiliary magnetic pole layer 21 aforementioned upper surface further, the spatter of the inorganic insulating material is carried out, and the nonmagnetic insulating layer 26 is formed in it.

[0124] Next, as shown in drawing 20, the coil layer 27 is formed with frame plating on the aforementioned nonmagnetic insulating layer 26, and similarly the bottom raising layer 31 is further formed by plating. The coil layer 27 is formed in a position lower enough than the height of the aforementioned connection layer 25 at this time. And the aforementioned coil layer 27 and the bottom raising layer 31 are covered by the insulating layer 32 of an organic material, further, the spatter of the inorganic insulating material is carried out, and the wrap insulating layer 33 is formed for all layers.

[0125] Next, polish processing is performed from the illustration upper part to each class formed by the state of drawing 20 using CMP technology etc. This polish processing is performed to the position of the level surface (L-L side) which crosses all the aforementioned insulating layers 33, the connection layers 25, and bottom raising layers 31.

[0126] As a result of the aforementioned polish processing, as shown in drawing 21, it is processed so that all of surface 25a of the connection layer 25, surface 33a of an insulating layer 33, and surface 31a of the bottom raising layer 31 may become the same field.

[0127] It is the manufacturing process in which even this is common in each operation form. Next, the manufacture method of the vertical-magnetic-recording head of the structure shown in drawing 1 is explained.

[0128] At the process shown in drawing 22, the resist layer 60 is first formed in upper surface 33a of the aforementioned insulating layer 33, upper surface 25a of the connection layer 25, and the whole upper surface 31a of the bottom raising layer 31, by exposure development, the main pole layer 24 extracts and pattern 60a is formed. The aforementioned omission pattern 60a is formed even in upper surface 25a of the aforementioned connection layer 25 from opposed face H1a with a record medium. Moreover, it extracts, even if it applies to the height direction (direction of illustration Y) back from upper surface 31a of the aforementioned bottom raising layer 31, and a pattern is formed. And in the aforementioned omission pattern 60a, plating formation of the main pole layer 24 is carried out, and the account resist layer 60 of back to front is removed. The main pole layer 24 prolonged from aforementioned opposed face H1a to the connection layer 25 by this is formed. In addition, since it is covered with the plating ground layer at the time of the aforementioned main pole layer 24 formation (not shown) all over the insulating layer 33, it leaves the aforementioned plating ground layer formed in the bottom of the aforementioned main pole layer 24, and other plating

ground layers are removed by etching. Although the aforementioned main pole layer 24 is also deleted in part at this time, thereby, the width of recording track Tw of the upper surface (end face by the side of trailing) of the aforementioned main pole layer 24 becomes narrow, and it becomes possible to manufacture the vertical-magnetic-recording head which can respond to \*\* truck-ization.

[0129] Next, at the process shown in drawing 23, the resist layer 61 is formed the whole surface on the aforementioned main pole layer 24 and an insulating layer 33. Let the aforementioned resist layer 61 be thickness thicker than the aforementioned main pole layer 24. Then, by exposure development, the yoke layer 35 extracts and pattern 61a is formed. It is made for front end side 61b of the aforementioned omission pattern 61a to be located in the height direction back rather than opposed face H1a with a record medium at this time. And plating formation of the yoke layer 35 is carried out into the aforementioned omission pattern 61a, and the account resist layer 61 of back to front is removed. The yoke layer 35 of thickness thicker than the aforementioned main pole layer 24 piles up on the aforementioned main pole layer 24 by this.

[0130] In addition, since the aforementioned plating ground layer is unnecessary like drawing 10 when forming the aforementioned yoke layer 35 only on the main pole layer 24, the removal process of the aforementioned plating ground layer is unnecessary.

[0131] Moreover, in the case of drawing 11 and drawing 12, after covering the circumference of the aforementioned main pole layer 24 by the 2nd insulating layer 56 of an inorganic insulating material, the upper surface of the aforementioned main pole layer 24 and the upper surface of the 2nd insulating layer 56 of the above are processed into the same flattening side using CMP technology. Then, as shown in the process of drawing 23, plating formation of the yoke layer 35 is carried out in piles on the aforementioned main pole layer 24. At this time, the width-of-face size in the direction of the width of recording track of the aforementioned yoke layer 35 may be broader than the width-of-face size of the aforementioned main pole layer 24 and the aforementioned main pole layer in the piled-up position. Moreover, in this case, it is not necessary to extend the aforementioned main pole layer 24 for a long time, and to form it even on the connection layer 25, and the aforementioned main pole layer 24 can be formed by short linear dimension so that it may be shown at the time of the drawing 22 process. Moreover, end face section 35b of the aforementioned yoke layer 35 is formed in upper surface 25a of the aforementioned connection layer 25 in this case, and end face section 35b of the aforementioned yoke layer 35 and the connection layer 25 are connected magnetically.

[0132] In addition, although the resist layer 61 left behind to the opposed face H1a side rather than front end side 61b of the aforementioned omission pattern 61a is formed in respect of the inclined plane which the back end side 61c is missing from the upper surface from the undersurface, and becomes deep gradually in the height direction, or the curve as shown in drawing 23 This can be attained by using the resist layer 61 which changes the kind of resist layer 61, leaves the portion by which exposure development was carried out, and can remove the portion by which exposure development is not carried out. Moreover, it can form in the inclined plane or curve side which inclines in the height direction (the direction of illustration Y), applying front end side 35a of the aforementioned yoke layer 35 to the upper surface from the undersurface by this.

[0133] The vertical-magnetic-recording head shown in drawing 1 according to the above-mentioned process is completed. Drawing 24 and drawing 25 are 1 process drawings of the manufacture method of the vertical-magnetic-recording head shown in drawing 2.

[0134] At the process shown in drawing 24, the resist layer 62 is formed in upper surface 33a of the aforementioned insulating layer 33, upper surface 25a of the connection layer 25, and the whole upper surface 31a of the bottom raising layer 31, by exposure development, the main pole layer 24 extracts and pattern 62a is formed. The aforementioned omission pattern 62a is formed in the height direction (direction of illustration Y) back by short length from aforementioned opposed face H1a. And after carrying out plating formation of the main pole layer 24 into the aforementioned omission pattern 62a, the aforementioned resist layer 62 is removed.

[0135] Next, at the process shown in drawing 25, after forming the resist layer 63 the whole surface on the aforementioned main pole layer 24 and an insulating layer 33, the yoke layer 35 extracts in the aforementioned resist layer 63, and pattern 63a is formed. In addition, the thickness of the aforementioned resist layer 63 is formed more thickly than the thickness of the aforementioned main pole layer 24. Moreover, the aforementioned resist layer 63 extracts and it is made for front end side 63b of pattern 63a to be located in 24f of back end sides of the aforementioned main pole layer 24. Furthermore, the aforementioned omission pattern 63a is formed even on the connection layer 25. And plating formation of the yoke layer 35 is carried out into the aforementioned omission pattern 63a, and the aforementioned resist layer 63 is removed after that.

[0136] Thereby, the yoke layer 35 with larger thickness than the aforementioned main pole layer 24 can be formed from 24f of back end sides of the aforementioned main pole layer 24. Moreover, the aforementioned yoke layer 35 is magnetically connected on the aforementioned connection layer 25. In addition, since it is covered with the plating

ground layer (not shown) all over the insulating layer 33, it leaves the aforementioned plating ground layer formed in the bottom of the aforementioned main pole layer 24, and other plating ground layers are removed by etching. Although the aforementioned main pole layer 24 is also deleted in part at this time, thereby, the width of recording track Tw of the aforementioned main pole layer 24 becomes narrow, and it becomes possible to manufacture the vertical-magnetic-recording head which can respond to \*\* truck-ization.

[0137] Moreover, by this manufacture method, \*\* truck-ization is realizable, keeping large the height size of the aforementioned main pole layer 24, since the main pole layer 24 is only \*\* (ed) by 1 time of the etching process while the removal process of the aforementioned plating ground layer can be managed with 1 time after yoke layer 35 formation and being able to simplify a manufacturing process.

[0138] The vertical-magnetic-recording head shown in drawing 2 according to the above-mentioned process is completed. The process shown in drawing 26 or drawing 28 is 1 process drawing showing the manufacturing process of drawing 3 and the vertical-magnetic-recording head shown in 4.

[0139] At the process shown in drawing 26, the resist layer 64 is formed in upper surface 33a of the aforementioned insulating layer 33, upper surface 25a of the connection layer 25, and the whole upper surface 31a of the bottom raising layer 31, by exposure development, the yoke layer 35 extracts and pattern 64a is formed.

[0140] As shown in drawing 26, front end side 64b of the aforementioned omission pattern 64a is formed in the height direction back side rather than the aforementioned opposed face H1a. Moreover, although the aforementioned front end side 64b and back end side 64c of the resist layer 64 left behind among the aforementioned opposed face H1a are the inclined plane which is missing from the upper surface from the undersurface, and inclines to the aforementioned opposed face H1a side, it is possible to form by this inclined plane's heat-treating in the aforementioned resist layer 64, and making whom generate. Moreover, the aforementioned omission pattern 64a is formed even on the aforementioned connection layer 25.

[0141] And plating formation of the yoke layer 35 is carried out into the aforementioned omission pattern 64a, and the account resist layer 64 of back to front is removed. Front end side 35a can form the aforementioned yoke layer 35 located in the height direction back side rather than the aforementioned opposed face H1a by this. Moreover, as for the aforementioned front end side 35a, it is desirable that it is the inclined plane or curve side which is missing from the upper surface from the undersurface, and inclines to the height direction back. Moreover, as for the exterior angle theta between the aforementioned inclined plane 35a and the upper surface, it is desirable that it is 90 degrees or more. Moreover, the aforementioned yoke layer 35 has connected magnetically on the aforementioned connection layer 25.

[0142] In addition, after removing the aforementioned resist layer 63, the plating ground layer (not shown) formed in portions other than under the aforementioned yoke layer 35 is removed by etching.

[0143] Next, at the process shown in drawing 27, the 4th insulating layer 57 by the inorganic insulating material is formed on the aforementioned yoke layer 35 and an insulating layer 33. Polish processing of the 4th insulating layer 57 of the above is carried out with CMP technology from the M-M line furthermore shown in drawing 27, and, thereby, the upper surface of the 4th insulating layer 57 of the above and the upper surface of the yoke layer 35 are made in the same flattening side.

[0144] Next, at the process shown in drawing 28, the resist layer 65 is formed on the 4th insulating layer 57 of the above, and the aforementioned yoke layer 35, the main pole layer 24 extracts in the aforementioned resist layer 65, and pattern 65a is formed.

[0145] As shown in drawing 28, thickness of the aforementioned resist layer 65 is made smaller than the thickness of the aforementioned yoke layer 35, moreover the aforementioned resist layer 65 extracts, and front end side 65b of pattern 65a is formed so that it may become the same field as opposed face H1a. If the configuration of the main pole layer 24 can be formed like drawing 3 if it forms even on the same field as the back end side of the yoke layer 35 like drawing 28 about back end side 65c of the aforementioned omission pattern 65a, and back end side 65c of the aforementioned omission pattern 65 is short formed in the opposed face H1a side, the configuration of the aforementioned main pole layer 24 can be formed like drawing 4.

[0146] And plating formation of the main pole layer 24 is carried out into the aforementioned omission pattern 26, and the account resist layer 65 of back to front is removed. Thereby, front end side 24a appears in opposed face H1a, and can form the main pole layer 24 with thickness thinner than the yoke layer 35 in piles on the aforementioned yoke layer 35.

[0147] In addition, since it is covered with the plating ground layer (not shown) of the aforementioned main pole layer 24 all over the 4th insulating layer 57 and the yoke layer 35, it leaves the aforementioned plating ground layer formed in the bottom of the aforementioned main pole layer 24, and other plating ground layers are removed by etching. Although the aforementioned main pole layer 24 is also deleted in part at this time, thereby, the width of recording track Tw of the aforementioned main pole layer 24 becomes narrow, and it becomes possible to manufacture the

vertical-magnetic-recording head which can respond to \*\* truck-ization.

[0148] The vertical-magnetic-recording head shown in drawing 3 or drawing 4 according to the above-mentioned process is completed. Next, the manufacture method of the vertical-magnetic-recording head shown in drawing 5 is explained using process drawing of drawing 29 or drawing 32.

[0149] At the process shown in drawing 29, the resist layer 66 is formed in upper surface 33a of the aforementioned insulating layer 33, upper surface 25a of the connection layer 25, and the whole upper surface 31a of the bottom raising layer 31, by exposure development, the main pole layer 24 extracts and pattern 66a is formed. The aforementioned omission pattern 66a is formed in the height direction (direction of illustration Y) back by short length from aforementioned opposed face H1a. And after carrying out plating formation of the main pole layer 24 into the aforementioned omission pattern 66a, the aforementioned resist layer 66 is removed. In addition, since it is covered with the plating ground layer (not shown) all over the insulating layer 33, it leaves the aforementioned plating ground layer formed in the bottom of the aforementioned main pole layer 24, and other plating ground layers are removed by etching. Although the aforementioned main pole layer 24 is also deleted in part at this time, thereby, the width of recording track Tw of the aforementioned main pole layer 24 becomes narrow, and it becomes possible to manufacture the vertical-magnetic-recording head which can respond to \*\* truck-ization.

[0150] Next, at the process shown in drawing 30, the 3rd insulating layer 58 of the thin thickness by inorganic insulating materials, such as aluminum 2O3 and SiO2, is formed in the whole surface on the aforementioned main pole layer 24 and an insulating layer 33.

[0151] Next, at the process shown in drawing 31, using a resist layer (not shown), a part of 3rd insulating layer 58 of the above is removed, and Holes 58a and 58b are formed. One aforementioned hole 58a is formed on end face section 24b of the aforementioned main pole layer 24. Moreover, hole 58b of another side is formed on the connection layer 25.

[0152] Next, at the process shown in drawing 32, the resist layer 67 of thickness thicker than the aforementioned main pole layer 24 is formed on the 3rd insulating layer 58 of the above, the yoke layer 35 extracts in the aforementioned resist layer 67, and pattern 67a is formed by exposure development.

[0153] As shown in drawing 32, front end side 67b of the aforementioned omission pattern 67a is formed in the height direction back side rather than opposed face H1a, and the aforementioned omission pattern 67a is extended and formed even on the aforementioned connection layer 25.

[0154] In addition, although the resist layer 67 left behind to the opposed face H1a side rather than front end side 67b of the aforementioned omission pattern 67a is formed in respect of the inclined plane which the back end side 67c is missing from the upper surface from an inferior surface of tongue, and becomes deep gradually in the height direction, or the curve as shown in drawing 32 This can be attained by using the resist layer 67 which changes the kind of resist layer 67, leaves the portion by which exposure development was carried out, and can remove the portion by which exposure development is not carried out.

[0155] And plating formation of the yoke layer 35 is carried out into the aforementioned omission pattern 67a, and the aforementioned resist layer 67 is removed. Thereby, the aforementioned front end side 35a is located in the height direction back side, and can form the yoke layer 35 with thickness thicker than the aforementioned main pole layer 24.

[0156] In addition, the aforementioned yoke layer 35 is magnetically connected like drawing 32, respectively on end face section 24b of the aforementioned main pole layer 24, and the connection layer 25. Moreover, after removing the aforementioned resist layer 67, the plating ground layer (not shown) formed in portions other than under the aforementioned yoke layer 35 is removed by etching. Since the upper surface of the aforementioned main pole layer 24 is protected by the 3rd insulating layer 58 at this time, it is avoidable that the aforementioned main pole layer 24 is deleted at the aforementioned etching process.

[0157] The vertical-magnetic-recording head shown in drawing 5 according to the above-mentioned process is completed. Next, the manufacture method of the vertical-magnetic-recording head shown in drawing 6 is explained using drawing 33 and drawing 34.

[0158] At the process shown in drawing 33, the resist layer 68 is formed in upper surface 33a of the aforementioned insulating layer 33, upper surface 25a of the connection layer 25, and the whole upper surface 31a of the bottom raising layer 31, by exposure development, the magnetic material layer 69 extracts and pattern 68a is formed. As shown in drawing 33, front end side 68b of the aforementioned omission pattern 68a is formed on the same field as the aforementioned opposed face H1a, and the aforementioned omission pattern 68a is extended and formed even on the aforementioned connection layer 25.

[0159] And plating formation of the magnetic material layer 69 is carried out into the aforementioned omission pattern 68a, and the aforementioned resist layer 68 is removed. In addition, since it is covered with the plating ground layer (not shown) all over the insulating layer 33, it leaves the aforementioned plating ground layer formed in the bottom of

the aforementioned magnetic material layer 69, and other plating ground layers are removed by etching.

[0160] As shown in drawing 33, the front end side 69a appeared in the aforementioned opposed face H1a, and end face section 69b will be magnetically connected by the aforementioned magnetic material layer 69 on the aforementioned connection layer 25.

[0161] Next, at the process shown in drawing 34, the resist layer 70 is formed on the aforementioned magnetic material layer 69, on the front of the aforementioned magnetic material layer 69, it extracts for main pole layer 24 formation, and pattern 70a is formed by exposure development.

[0162] Next, a part of magnetic material layer 69 exposed under the aforementioned omission pattern 70a is removed by etching (dotted-line portion). The thickness of the magnetic material layer 69 left behind by this to the bottom of the aforementioned omission pattern 70a becomes thin, this portion serves as the main pole layer 24, it does not \*\*\*\*\* , but it becomes the yoke layer 35 and the vertical-magnetic-recording head of drawing 6 with which the aforementioned main pole layer 24 and the yoke layer 35 were united completes the thick magnetic material layer 69 of thickness. In addition, since plating ground layers other than under the magnetic material layer 69 are beforehand removed after forming the thick magnetic material layer 69 of thickness by this manufacture method, the thing for which a manufacturing process is simplified -- the 3rd insulating layer 58 for protecting the aforementioned main pole layer 24 so that the main pole layer 24 may not be deleted at the etching process of yoke layer 35 formation like the manufacturing process of drawing 29 or drawing 32 is unnecessary -- is possible, for example.

[0163] The width of recording track Tw of the aforementioned main pole layer 24 can be made small by etching at the time of being able to form the aforementioned main pole layer 24 with a sufficient pattern precision, and removing a plating ground layer by any above-mentioned manufacture method, since the aforementioned main pole layer 24 can be formed on a flattening side, and the vertical-magnetic-recording head which can respond to \*\* truck-ization accompanying a raise in future recording density can be manufactured.

[0164] Moreover, at the process shown in drawing 22 or drawing 32, since the main pole layer 24 and the yoke layer 35 can be formed at another process, thickness at the time of the aforementioned yoke layer 35 formation is made thicker than the thickness at the time of main pole layer 24 formation, and the thickness of the aforementioned yoke layer 35 can be easily formed greatly rather than the thickness of the main pole layer 24. Moreover, if the manufacture method of this invention is used when really forming the main pole layer 24 and the yoke layer 35, as shown in drawing 33 and 34, thickness of the aforementioned yoke layer 35 can be made thicker than the thickness of the aforementioned main pole layer 24.

[0165] Furthermore by manufacturing at a separate process, the aforementioned main pole layer 24 and the yoke layer 35 The width of recording track Tw of the main pole layer 24 can be set up as a thing different from the width-of-face size of the aforementioned yoke layer 35. Since the aforementioned yoke layer 35 can be freely formed in the position near opposed face H1a in the case of the structure of piling up the main pole layer 24 and the yoke layer 35 by the upper and lower sides like especially drawing 1, and 3 and 4, The linear dimension to the height direction of the aforementioned main pole layer 24 can be formed for a long time conventionally, it is the predetermined width of recording track Tw, and moreover, it varies in a configuration and the aforementioned main pole layer 24 can be formed that there is nothing.

[0166] Although the manufacture method of the vertical-magnetic-recording head shown in drawing 1 or drawing 6 as mentioned above was explained, below, the formation method of front end side 24a of the aforementioned main pole layer 24 in this invention is explained. Although drawing 35 or drawing 37 is front view and being typically explained using the manufacturing process ( drawing 22 ) of the vertical-magnetic-recording head of drawing 1, it is applicable to any manufacturing process of drawing 2 or the vertical-magnetic-recording head of drawing 6.

[0167] Drawing 35 is the partial front view of the vertical-magnetic-recording head at the time of the manufacturing process shown in drawing 22. At the process shown in drawing 22, after forming the plating ground layer 71 of the aforementioned main pole layer 24, the resist layer 60 is formed on this.

[0168] Next, it extracts for main pole layer 24 formation by exposure development in the aforementioned resist layer 60, and pattern 60a is formed. Then, it heat-treats and the inside end face of the aforementioned resist layer 60 is produced for whom (see the dotted line). Thereby, the inside end face of the aforementioned omission pattern 60a turns into the inclined plane or curve side where it applies to the upper surface from an inferior surface of tongue, and the width-of-face size of the direction of the width of recording track (the direction of illustration X) spreads.

[0169] And like the process shown in drawing 36, plating formation of the main pole layer 24 is carried out into the aforementioned omission pattern 60a, and the aforementioned resist layer 60 is removed. The state is drawing 37, and as shown in drawing 37, the inclined plane or curve side where it applies to the upper surface from an inferior surface of tongue, and a width-of-face size spreads the both-sides side sides 24g and 24g of the direction of the width of recording track of the aforementioned main pole layer 24 is formed.

[0170] Next, plating ground layers 71 other than plating ground layer 71 formed in the aforementioned main pole layer 24 bottom are removed in anisotropic etching. In addition, as for the aforementioned etching angle, it is desirable to lean before and after 70 degrees at 45 degrees or more to a perpendicular direction. Unnecessary plating ground layer 71a is removed by this etching process. Moreover, the main pole layer 24 is also deleted in part according to the aforementioned etching process.

[0171] As shown in drawing 37, by deleting the both-sides side sides 24g and 24g of the aforementioned main pole layer 24, the width of recording track Tw regulated with the width-of-face size of the upper surface of the aforementioned main pole layer 24 becomes small (a dotted line shows), and can manufacture the vertical-magnetic-recording head which can respond to \*\* truck-ization.

[0172] In addition, since it extends a little to the circumference under the aforementioned main pole layer 24 and the aforementioned plating ground layer 71 may be left behind when nonmagnetic, for example, metallic materials, such as Cu, is used for the aforementioned plating ground layer 71, etching control can be simplified compared with the case where a magnetic metallic material is used for the aforementioned plating ground layer 71.

[0173] Moreover, there is also a method of not using drawing 35 and a resist layer 60 like drawing 36 at the time of formation of the aforementioned main pole layer 24. This forms the layer of an inorganic insulating material on the aforementioned plating ground layer 71, after forming the aforementioned plating ground layer 71 with non-magnetic metal material. The resist layer in which the predetermined interval was furthermore vacated on the layer of the aforementioned inorganic insulating material is formed, and etching removes the layer of the aforementioned inorganic insulating material exposed out of the aforementioned interval. The both-sides end face of the direction of the width of recording track in the removed space is formed in the configuration in which it applies to the upper surface from an inferior surface of tongue, and a width-of-face size spreads, and carries out plating formation of the main pole layer 24 into this space. It is possible to form the main pole layer 24 in which the inclined plane or curve side where this is missing from the upper surface from an inferior surface of tongue the both-sides side sides 24g and 24g of the direction of the width of recording track, and a width-of-face size spreads was formed.

[0174] In addition, in this invention, the inclined plane which can keep setting to the height direction back rather than the aforementioned opposed face, and is shown in the inner end face of the both sides of a pattern at drawing 36 that the aforementioned resist layer 60 should just be formed so that it may spread at least as the inside width method of the direction of the width of recording track in the aforementioned opposed face H1a separates from the aforementioned auxiliary magnetic pole layer 21 does not need to be formed.

[0175] Moreover, with the operation gestalt shown in drawing 1 or drawing 6, although read station HR is formed, this does not need to be formed.

[0176]

[Effect of the Invention] as mentioned above, by this invention, since a main pole layer is formed on the field by which flattening was carried out, the pattern precision at the time of forming the aforementioned main pole layer is improved -- it can make -- the aforementioned main pole layer -- especially a front end side can be formed correctly and easily by the minute width of recording track Tw Therefore, in this invention, it can respond to \*\* truck-ization appropriately, and it is possible to manufacture the vertical-magnetic-recording head which can respond to future high recording density-ization.

[0177] Moreover, in this invention, the thickness of a yoke layer can be formed more thickly than the thickness of a main pole layer, and the aforementioned yoke layer which has the cross section larger enough than the front end side of the aforementioned main pole layer can be formed. Therefore, a record magnetic field can be drawn suitable for the aforementioned main pole layer from the aforementioned yoke layer, and the passage efficiency of magnetic flux becomes good and can improve an over-writing property.

[0178] By moreover, the thing for which a main pole layer and a yoke layer are formed separately, and the aforementioned yoke layer is laid on top of the aforementioned main pole layer top or the bottom Since it becomes possible to bring the aforementioned yoke layer close freely and to form it in an opposed face side with a record medium even if it forms the field of \*\*\*\* formed by the width of recording track Tw of the aforementioned main pole layer for a long time While being able to aim at concentration of magnetic flux, it becomes possible for pattern precision to be good and to form the aforementioned main pole layer by the predetermined width of recording track Tw.

[0179] Furthermore, by this invention, though the side side of the front end side of a main pole layer serves as the inclined plane or curve side where the width-of-face size to the direction of the width of recording track spreads towards the upper surface from the inferior surface of tongue and produces an angle of skew by this at the time of record, it can prevent fringing, and it can aim at improvement in an off-track performance.

---

[Translation done.]

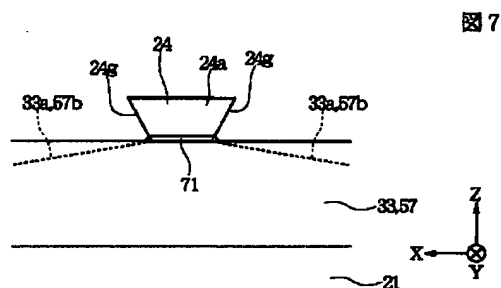
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

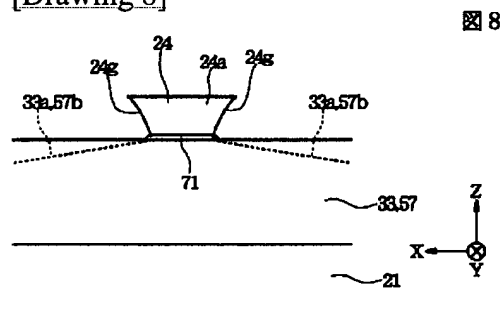
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

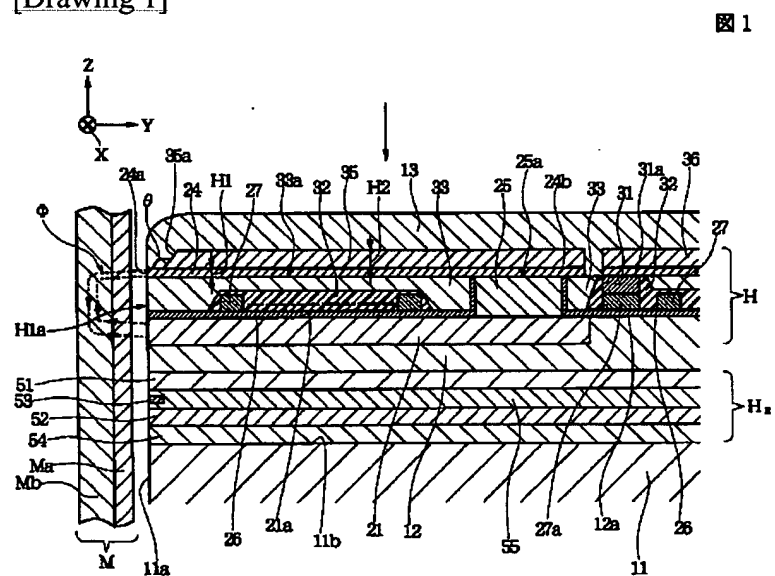
[Drawing 7]



[Drawing 8]

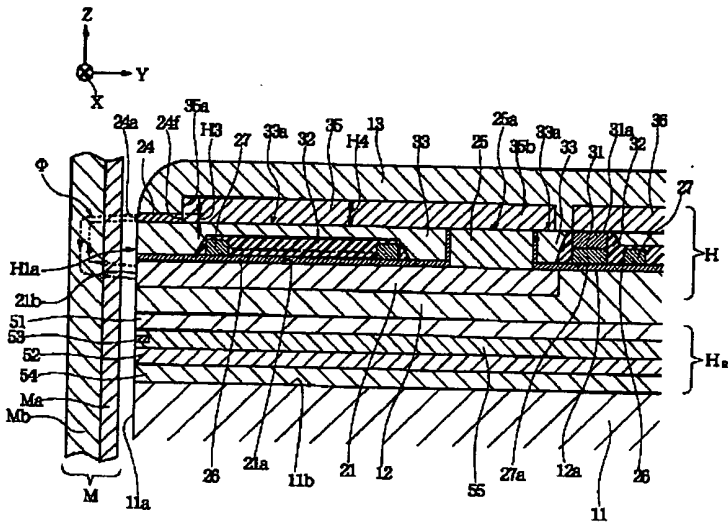


[Drawing 1]



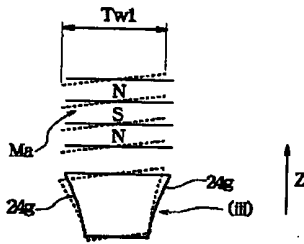
[Drawing 2]

図 2



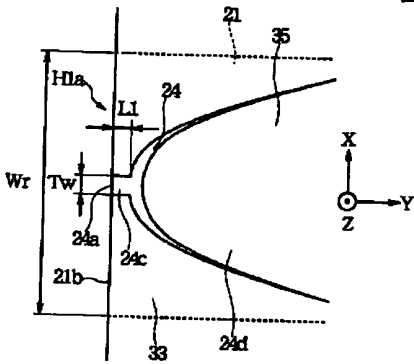
[Drawing 9]

図 9



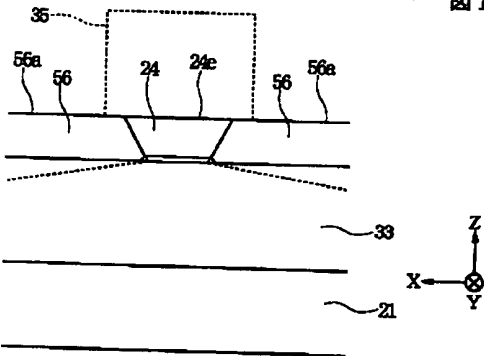
[Drawing 10]

図 10



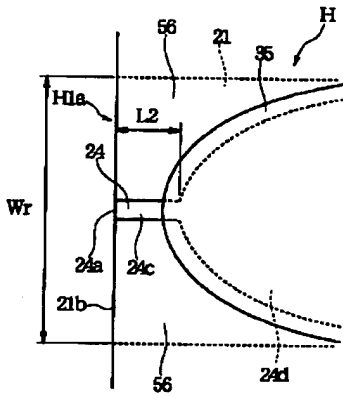
[Drawing 11]

図 11



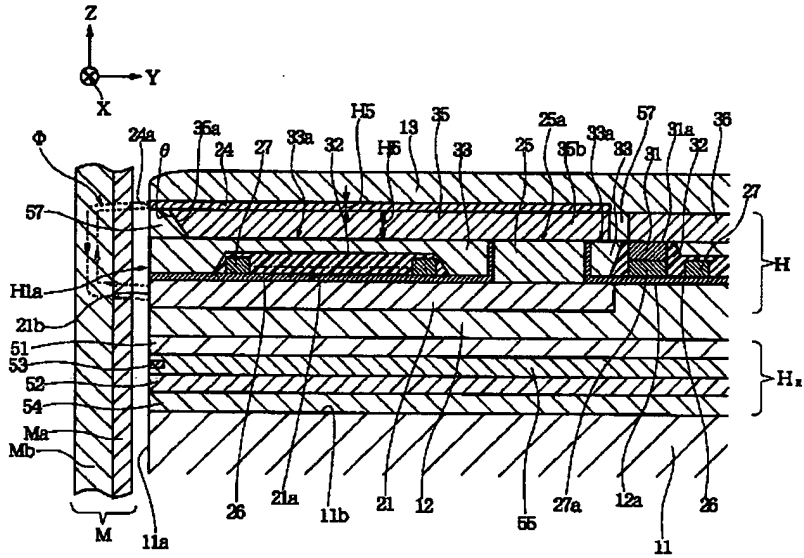
[Drawing 12]

図 12



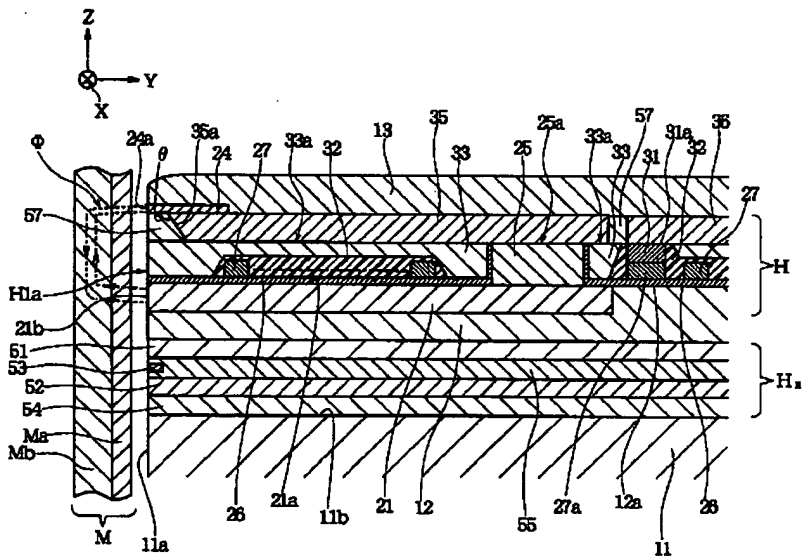
[Drawing 3]

図 3



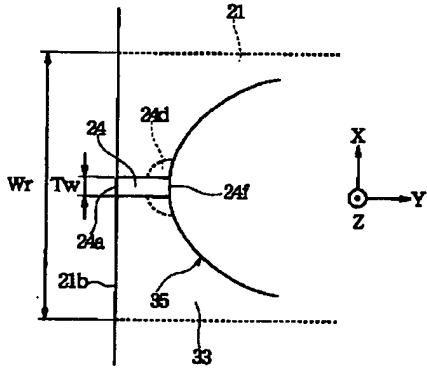
[Drawing 4]

図 4



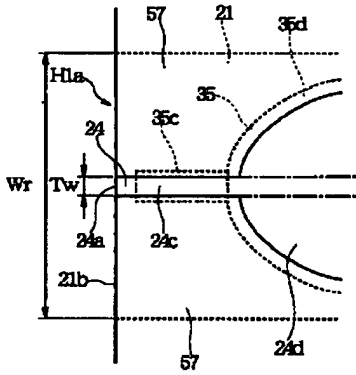
[Drawing 13]

図 13



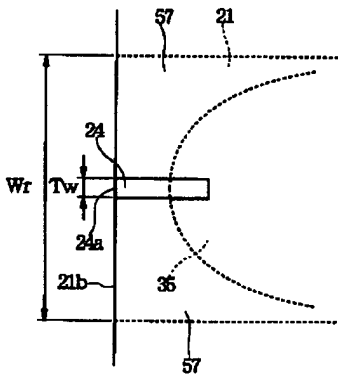
[Drawing 14]

図 14



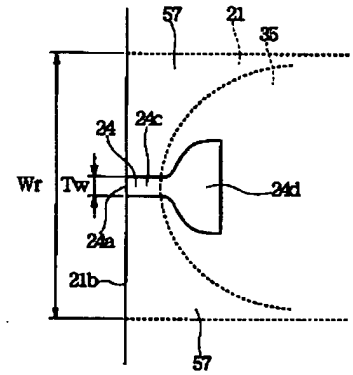
[Drawing 15]

図 15



[Drawing 16]

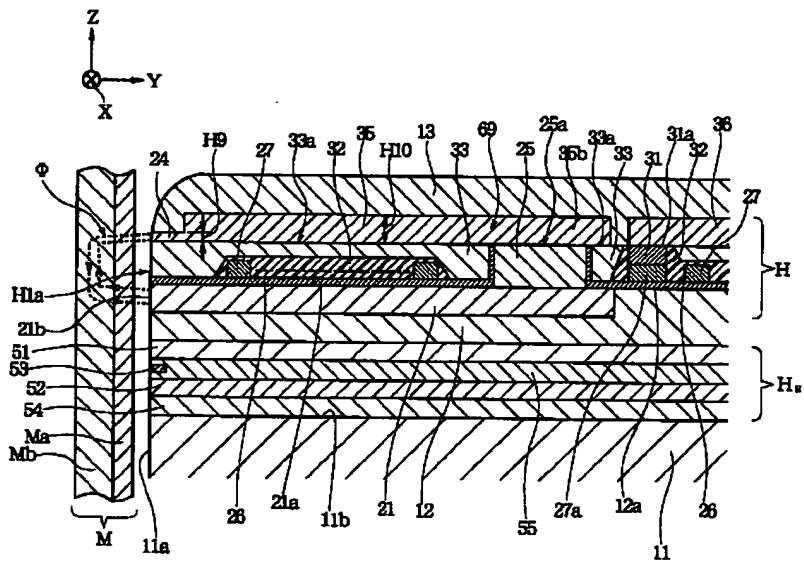
図 16



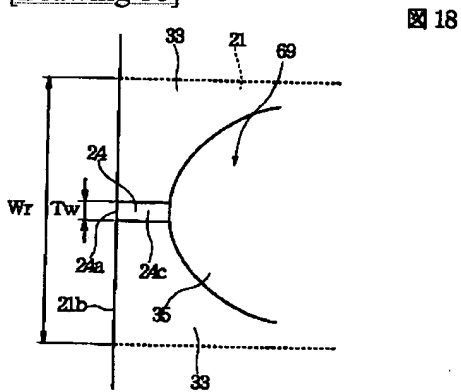
[Drawing 17]



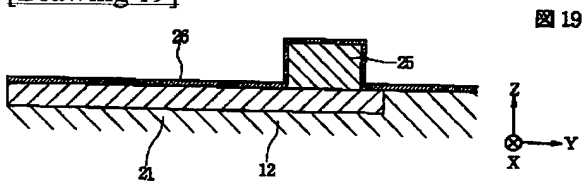
**図 6**



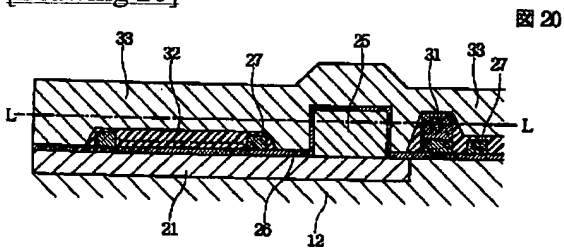
[Drawing 18]



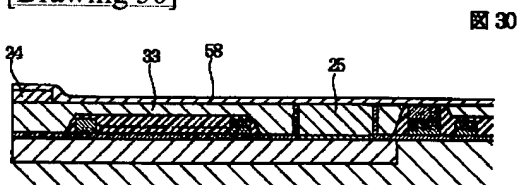
[Drawing 19]



[Drawing 20]

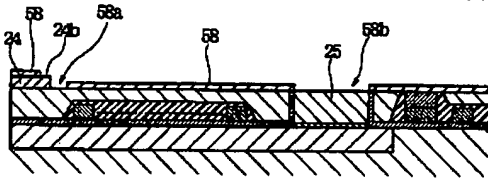


[Drawing 30]



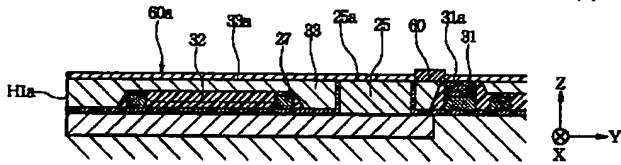
[Drawing 31]

**图 31**



[Drawing 22]

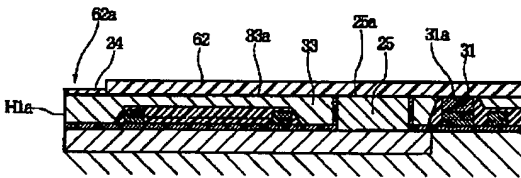
图 22



[Drawing 23]

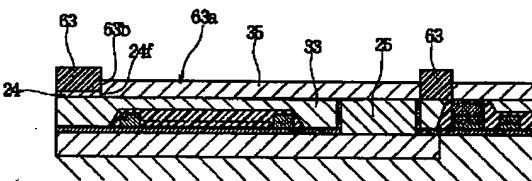
[Drawing 24]

圖 24



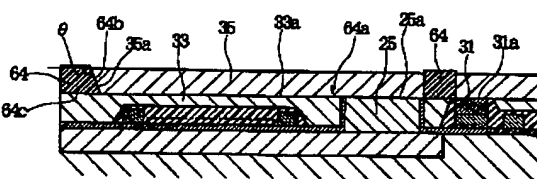
[Drawing 25]

图 25



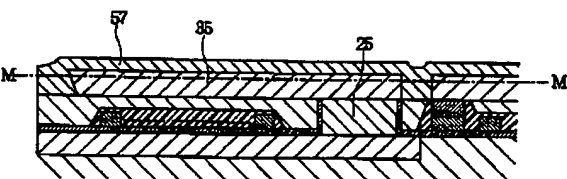
[Drawing 26]

图 26



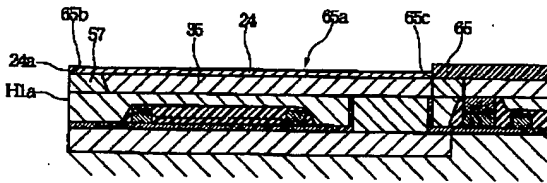
[Drawing 27]

圖 27



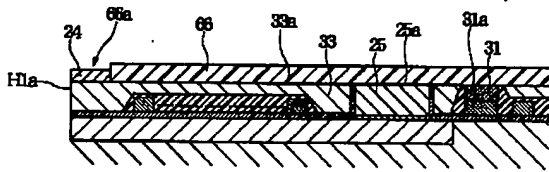
[Drawing 28]

图 28



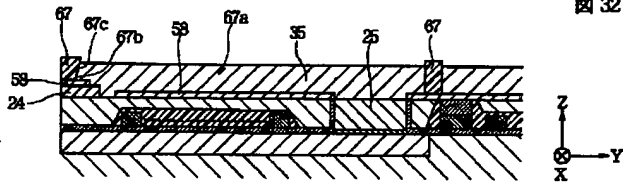
[Drawing 29]

图 29



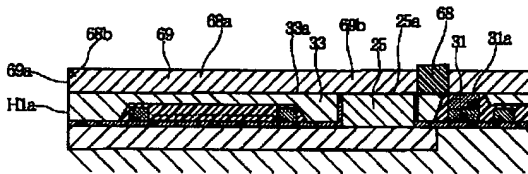
[Drawing 32]

图 32



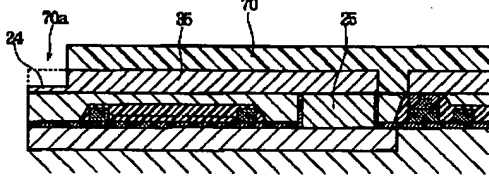
[Drawing 33]

图 33



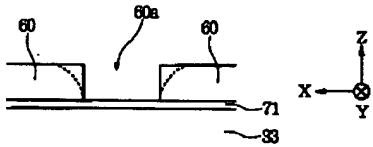
[Drawing 34]

图 34



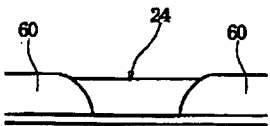
[Drawing 35]

图 35



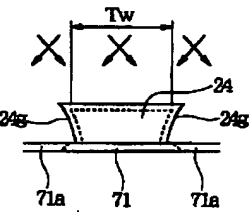
[Drawing 36]

图 36



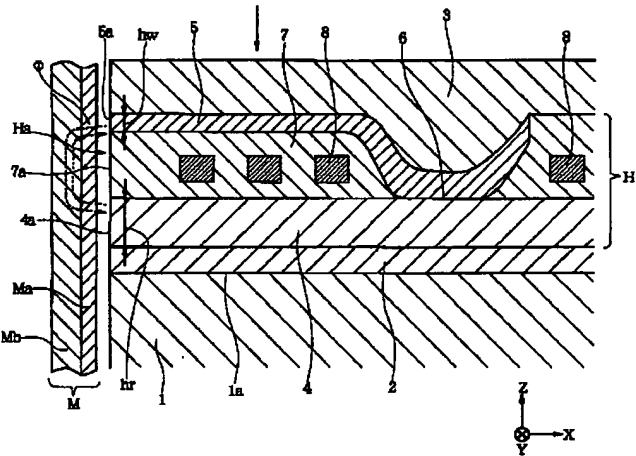
[Drawing 37]

图 37



[Drawing 38]

图 38



[Drawing 39]

图 39



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-197615

(P 2002-197615A)

(43) 公開日 平成14年7月12日 (2002. 7. 12)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テ-マ-ド (参考)

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

D 5D033

5/187

5/187

C 5D111

B

審査請求 未請求 請求項の数 14

O L

(全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2000-394697 (P2000-394697)

(22) 出願日 平成12年12月26日 (2000. 12. 26)

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 高橋 亨

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス  
電気株式会社内

(72) 発明者 矢澤 久幸

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス  
電気株式会社内

(74) 代理人 100085453

弁理士 野▲崎▼ 照夫

最終頁に続く

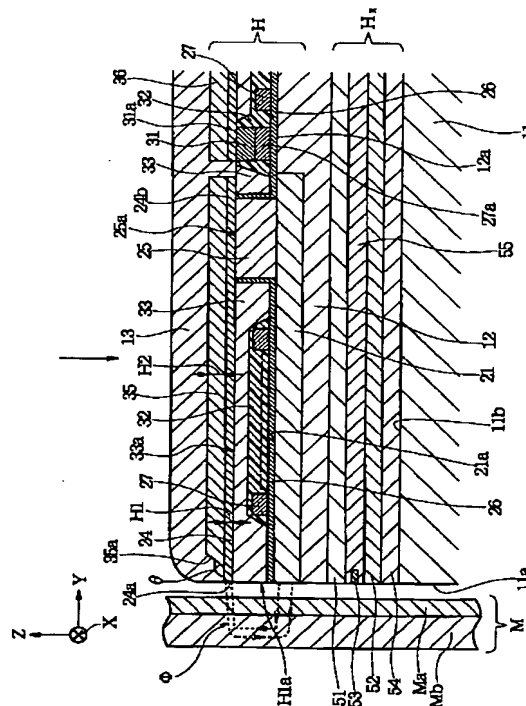
(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録ヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 従来の垂直磁気記録方式の垂直磁気記録ヘッドでは、記録パターンにフリンジングが発生し、主磁極層をパターン精度良く形成できず、また前記主磁極層は奥側領域までほぼ均一な膜厚で形成されていたので、前記主磁極層の先端に適切に記録磁界を導くことができなかった。

【解決手段】 主磁極層 24 は平坦化された絶縁層 33 上に形成され、また前記主磁極層 24 と別に膜厚の厚いヨーク層 35 が前記主磁極層 24 上に重ねられて形成されている。また前記主磁極層 24 の前端面 24a は補助磁極層 21 から離れるにしたがってトラック幅方向への幅寸法が広がる形状で形成されている。これにより記録パターンにフリンジングが発生するのを抑制でき、さらに主磁極層をパターン精度良く形成でき、また前記主磁極層の先端に適切に記録磁界を導くことが可能な垂直磁気記録ヘッドを提供できる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 補助磁極層と、前記補助磁極層上に形成された絶縁層と、前記絶縁層上に形成された主磁極層とが設けられ、前記絶縁層内に埋設されたコイル層から前記補助磁極層及び前記主磁極層に記録磁界が与えられることで、前記主磁極層に集中する垂直磁界によって、記録媒体に磁気データを記録する垂直磁気記録ヘッドにおいて、

前記主磁極層は平坦化面上に形成され、前記主磁極層の前端面は記録媒体との対向面に位置し、前記前端面は前記補助磁極層から離れるにしたがってトラック幅方向への幅寸法が広がる形状で形成され、且つ前記前端面の上面のトラック幅方向の幅寸法がトラック幅  $T_w$  として規制され、

前記主磁極層の膜厚よりも厚い膜厚で形成されて前記対向面と平行な断面での断面積が前記主磁極層の前端面の面積よりも大きく、且つ前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層が、前記主磁極層と磁気的に接続されていることを特徴とする垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 2】 前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、前記主磁極層は、平坦化された前記絶縁層上に形成され、前記ヨーク層は前記主磁極層上に重ねられて形成され、

前記主磁極層の基端部、あるいは前記ヨーク層の基端部が前記接続層に磁気的に接続される請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 3】 前記主磁極層の周囲には第 2 の絶縁層が形成され、この第 2 の絶縁層の上面と主磁極層の上面は同一平面上で形成され、前記平面上にヨーク層が形成される請求項 2 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 4】 前記主磁極層上は、前記主磁極層の基端部上を除いて第 3 の絶縁層で覆われ、前記基端部上に前記ヨーク層が磁気的に接続されている請求項 2 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 5】 前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、前記主磁極層は、平坦化された前記絶縁層上に形成され、基端部が前記接続層よりも前記対向面側に位置し、前記ヨーク層も前記絶縁層上に形成され、その前端面が前記主磁極層の後端面に磁気的に接続し、前記ヨーク層の基端部が前記接続層上に磁気的に接続している請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 6】 前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、前記ヨーク層は平坦化された前記絶縁層の上に形成され、基端部が前記接続層上に磁気的に接続し、また前記ヨーク層の前端面と前記対向面間には第 4 の絶縁層が形成され、この第 4 の絶縁層の上面と前記ヨーク層上面は平坦化されており、

主磁極層は、前記平坦化面上で前記ヨーク層と重ねられて形成されている請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 7】 前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、平坦化された前記絶縁層上に磁性材料層が形成され、前記磁性材料層は前記対向面からハイト方向に向けて所定長さで形成される前方領域と前記前方領域の基端からハイト方向後方に向けて形成される後方領域とで構成され、前記後方領域の基端部が前記接続層に磁気的に接続され、

10 前記前方領域の膜厚は前記後方領域の膜厚に比べて薄く形成され、前記前方領域が前記主磁極層となっており、前記後方領域が前記ヨーク層となっている請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 8】 前記主磁極層の上または下に重ねられた前記ヨーク層の前記前端面は、前記主磁極層から離れるにしたがってハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されている請求項 2、3、4、6 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 9】 前記主磁極層の前記前端面のトラック幅方向の両側端辺は、傾斜面、あるいは湾曲面で形成されている請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 10】 以下の工程を有することを特徴とする垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

(a) 磁性材料で補助磁極層を形成する工程と、(b) 前記補助磁極層上であって、記録媒体との対向面よりも奥側に接続層を形成し、次に前記対向面と接続層間に、前記補助磁極層上に絶縁下地層を介してコイル層を形成した後、前記コイル層上を絶縁層で埋める工程と、

30 (c) 前記絶縁層の表面を削り、前記絶縁層上面と前記接続層上面を同一面とする工程と、(d) 前記絶縁層上及び接続層上にレジスト層を形成し、次に、少なくとも前記対向面でのトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって広がる抜きパターンを前記レジスト層に形成する工程と、(e) 前記抜きパターン内に主磁極層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、(f) 前記主磁極層よりも厚い膜厚のレジスト層を前記主磁極層上から前記絶縁層上にかけて形成し、前記レジスト層に前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを前記主磁極層上に形成し、あるいは前記絶縁層上であって前記主磁極層の後端面からハイト方向に向けて形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【請求項 11】 前記 (f) 工程に代えて以下の工程を有する請求項 10 記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

50 (g) 前記主磁極層の周囲に第 2 の絶縁層を形成し、前記第 2 の絶縁層の上面と前記主磁極層の上面とを同一面上に形成する工程と、(h) 前記主磁極層よりも厚い膜

厚のレジスト層を前記主磁極層上から前記第2の絶縁層上にかけて形成し、前記レジスト層に前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを前記主磁極層および第2の絶縁層上に形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【請求項12】 前記（f）工程に代えて以下の工程を有する請求項10記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

（i）前記主磁極層上から前記絶縁層上にかけて第3の絶縁層を形成する工程と、（j）少なくとも前記主磁極層の基端部に形成された前記第3の絶縁層に穴部を形成する工程と、（k）前記第3の絶縁層上に前記主磁極層よりも厚い膜厚のレジスト層を形成した後、前記前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【請求項13】 前記（d）工程ないし（f）工程に代えて、以下の工程を有する請求項10記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

（l）前記絶縁層上にレジスト層を形成し、前記前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、（m）前記ヨーク層上および前記絶縁層上に、新たに第4の絶縁層を形成し、前記第4の絶縁層を削って、前記第4の絶縁層の上面と前記ヨーク層の上面を同一面とする工程と、（n）前記ヨーク層上、および第4の絶縁層上に、前記ヨーク層よりも薄い膜厚のレジスト層を形成し、前記ヨーク層の前記対向面側よりも前記第4の絶縁層上のレジスト層から前記ヨーク層上のレジスト層にかけて主磁極層の抜きパターンを形成する工程と、（o）前記抜きパターン内に主磁極層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【請求項14】 前記（d）工程ないし（f）工程に代えて以下の工程を有する請求項10に記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

（p）前記絶縁層上及び接続層上にレジスト層を形成し、次に、少なくとも前記対向面でのトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって広がる抜きパターンを前記レジスト層に形成し、さらに前記抜きパターンの基端部を前記接続層上にまで形成する工程と、（q）前記抜きパターン内に磁性材料層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、

（r）前記磁性材料層上にレジスト層を形成し、露光現像により前記磁性材料層上の対向面側からハイト方向に所定距離だけ抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内から露出した前記磁性材料層の一部を除去して膜厚を薄くし、この部分を主磁極層とし、前記レジスト層下に形成された磁性材料層をヨーク層とする工程。

# 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばハード面を有するディスクなどの記録媒体に対して垂直磁界を与えて記録を行う垂直磁気記録ヘッドに係り、特に記録パターンにフリンジングが発生するのを抑制すると共に主磁極層をパターン精度良く形成でき、且つヨーク層の膜厚を厚く形成でき、通過効率を向上させることが可能な垂直磁気記録ヘッドおよびその製造方法を提供することを目的としている。

## 【0002】

【従来の技術】ディスクなどの記録媒体に磁気データを高密度で記録する装置として垂直磁気記録方式がある。図38は前記垂直磁気記録方式の装置に使用される垂直磁気記録ヘッドの一般的な構造を示す断面図である。

【0003】図38に示すように、垂直磁気記録方式の垂直磁気記録ヘッドHは、記録媒体上を浮上して移動しまたは摺動するスライダ1の側端面に設けられるものであり、例えばスライダ1の側端面1aにおいて、前記垂直磁気記録ヘッドHは、非磁性膜2と、非磁性の被覆膜3との間に配置される。

【0004】前記垂直磁気記録ヘッドHは、強磁性材料で形成された補助磁極層4と、前記補助磁極層4の上に間隔を開けて形成された同じく強磁性材料で形成された主磁極層5とを有しており、前記補助磁極層4の端面4aと前記主磁極層5の端面5aとが、記録媒体Mとの対向面Haに現れている。前記対向面Haよりも奥側において、前記補助磁極層4と前記主磁極層5は、磁気接続部6において磁気的に接続されている。

【0005】前記補助磁極層4と前記主磁極層5の間には $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ などの無機材料による非磁性絶縁層7が位置しており、前記対向面Haでは、この非磁性絶縁層7の端面7aが、前記補助磁極層4の端面4aと前記主磁極層5の端面5aとの間に現れている。

【0006】そして、前記非磁性絶縁層7内には、Cuなどの導電性材料で形成されたコイル層8が埋設されている。

【0007】図38に示すように、主磁極層5の端面5aの厚みhwは、補助磁極層4の端面4aの厚みhrよりも小さくなっている。また前記主磁極層5のトラック幅方向（図示X方向）の端面5aの幅寸法はトラック幅Twであり、この幅寸法は、前記補助磁極層4のトラック幅方向の端面4aの幅寸法よりも十分に小さくなっている。

【0008】前記垂直磁気記録ヘッドHにより磁気記録が行われる記録媒体Mは、垂直磁気記録ヘッドHに対してZ方向へ移動するものであり、その表面にハード面Maが内方にソフト面Mbが設けられている。

【0009】前記コイル層8に通電されることにより補助磁極層4と主磁極層5とに記録磁界が誘導されると、

補助磁極層 4 の端面 4 a と、主磁極層 5 の端面 5 a との間での漏れ記録磁界が、記録媒体 M のハード面 M a を垂直に通過し、ソフト面 M b を通る。ここで、前記のように主磁極層 5 の端面 5 a の面積が、補助磁極層 4 の端面 4 a での面積よりも十分に小さくなっているため、主磁極層 5 の端面 5 a の対向部分で磁束  $\Phi$  が集中し、端面 5 a が対向する部分での前記ハード面 M a に対し、前記磁束  $\Phi$  により磁気データが記録される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら図 38 に示す従来の垂直磁気記録ヘッド H では、以下のような問題点が発生した。

【0011】(1) 図 38 に示す構造では、前記非磁性絶縁層 7 の上面に面粗れが発生しており、この上に形成される主磁極層 5 のパターン精度は低下する。特に、前記対向面 H a に現れている前記主磁極層 5 の端面 5 a の面積を小さくして洩れ記録磁界を集中させることが必要であり、また記録媒体 M への高記録密度を達成するために、前記端面 5 a のトラック幅 T w を狭くする必要がある。

【0012】よって図 38 では、前記主磁極層 5 の端面 5 a のトラック幅 T w をパターン精度良く狭トラック化して形成することが困難となり、高記録密度化に適切に対応することができない。

【0013】(2) 前記コイル層 8 から誘導された磁界を対向面 H a へ導くために、前記主磁極層 5 の奥側の領域において、磁束を通過させる断面積を広くすることが必要である。しかし図 38 に示す構造では、前記主磁極層 5 の膜厚はハイト方向（図示 Y 方向）後方にかけてほぼ一定した膜厚で形成され、従って前記主磁極層 5 の膜厚を奥側領域で大きくできず、効果的に前記コイル層 8 からの誘導磁界を前記主磁極層 5 の先端に導くことができない。

【0014】(3) 図 38 のように、前記主磁極層 5 が単一の膜で形成されていると、前記主磁極層 5 の前記端面 5 a のトラック幅 T w のみを極端に小さくすることが難しい。すなわち、レジスト層に抜きパターンを形成し、その抜きパターン内に磁性材料をメッキなどで形成して前記主磁極層 5 を形成する場合に、端面 5 a を形成する部分でのみ前記抜きパターンの幅寸法を極端に小さくすることが難しい。

【0015】(4) スライダ 1 がディスク状の記録媒体 M の外周と内周との間を移動する際に、記録媒体 M の回転接線方向（図示 Z 方向）に対して前記主磁極層 5 の端面 5 a が傾くスキュー角が発生することがある。ここで図 39 に示すように主磁極層 5 の端面 5 a が正方形または長方形であると、主磁極層 5 の端面 5 a が、記録媒体の回転接線方向（図示 Z 方向）に対してスキュー角を有すると、破線で示すように主磁極層の側辺 5 b がトラック幅 T w 1 内に斜めの漏れ磁界を与えてフリンジング F

が発生し、オフトラック性能の低下を招く。

【0016】そこで本発明は上記従来の課題を解決するものであり、前記主磁極層の端面をパターン精度良く狭トラック化に対応できる垂直磁気記録ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0017】また本発明は、前記主磁極層の奥側領域での膜厚を効果的に大きくすることができ、コイル層から誘導された磁束を前記主磁極層の端面に適切に導くことが可能な垂直磁気記録ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0018】また本発明は、記録パターンにフリンジングが発生するのを抑制でき、オフトラック性能の向上を図ることが可能な垂直磁気記録ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明は、補助磁極層と、前記補助磁極層上に形成された絶縁層と、前記絶縁層上に形成された主磁極層とが設けられ、前記絶縁層内に埋設されたコイル層から前記補助磁極層及び前記主磁極層に記録磁界が与えられることで、前記主磁極層に集中する垂直磁界によって、記録媒体に磁気データを記録する垂直磁気記録ヘッドにおいて、前記主磁極層は平坦化面上に形成され、前記主磁極層の前端面は記録媒体との対向面に位置し、前記前端面は前記補助磁極層から離れるにしたがってトラック幅方向への幅寸法が広がる形状で形成され、且つ前記前端面の上面のトラック幅方向の幅寸法がトラック幅 T w として規制され、前記主磁極層の膜厚よりも厚い膜厚で形成されて前記対向面と平行な断面での断面積が前記主磁極層の前端面の面積よりも大きく、且つ前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層が、前記主磁極層と磁気的に接続されていることを特徴とするものである。

【0020】上記の本発明では、前記主磁極層は平坦化された絶縁層上に形成される。よって前記主磁極層をパターン精度良く形成することができ、特に前記主磁極層の前記端面の狭トラック化を適切に図ることができる。

【0021】また本発明では、前記主磁極層の前端面のトラック幅方向の寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって徐々に広がる形状で形成されることにより、記録パターンにフリンジングが発生するのを適切に抑制でき、オフトラック特性の向上を図ることが可能である。

【0022】また本発明では、前記主磁極層よりも膜厚の大きいヨーク層が前記主磁極層に磁気的に接続されていることにより、前記ヨーク層から前記主磁極層に効果的に磁束を導くことができ、通過効率が良くなって、オーバーライト特性を向上できる。

【0023】本発明では、以下に示すような具体的な構造の垂直磁気記録ヘッドを提供することができる。

【0024】まず本発明では、前記対向面よりも奥側で

前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、前記主磁極層は、平坦化された前記絶縁層上に形成され、前記ヨーク層は前記主磁極層上に重ねられて形成され、前記主磁極層の基端部、あるいは前記ヨーク層の基端部が前記接続層に磁氣的に接続されるものである。この実施形態は図 1 である。

【0025】また本発明では、前記主磁極層の周囲には第 2 の絶縁層が形成され、この第 2 の絶縁層の上面と主磁極層の上面は同一平面上で形成され、前記平面上にヨーク層が形成されることが好ましい。この実施形態は図 11 および図 12 である。

【0026】また本発明では、前記主磁極層上は、前記主磁極層の基端部上を除いて第 3 の絶縁層で覆われ、前記基端部上に前記ヨーク層が磁氣的に接続されていることが好ましい。この実施形態は、図 5 である。

【0027】または本発明では、前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、前記主磁極層は、平坦化された前記絶縁層上に形成され、基端部が前記接続層よりも前記対向面側に位置し、前記ヨーク層も前記絶縁層上に形成され、その前端面が前記主磁極層の後端面に磁氣的に接続し、前記ヨーク層の基端部が前記接続層上に磁氣的に接続しているものである。この実施形態は図 2 である。

【0028】または本発明では、前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、前記ヨーク層は平坦化された前記絶縁層の上に形成され、基端部が前記接続層上に磁氣的に接続し、また前記ヨーク層の前端面と前記対向面間には第 4 の絶縁層が形成され、この第 4 の絶縁層の上面と前記ヨーク層上面は平坦化されており、主磁極層は、前記平坦化面上で前記ヨーク層と重ねられて形成されているものである。この実施形態は図 3 および図 4 である。

【0029】あるいは本発明では、前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、平坦化された前記絶縁層上に磁性材料層が形成され、前記磁性材料層は前記対向面からハイト方向に向けて所定長さで形成される前方領域と前記前方領域の基端からハイト方向後方に向けて形成される後方領域とで構成され、前記後方領域の基端部が前記接続層に磁氣的に接続され、前記前方領域の膜厚は前記後方領域の膜厚に比べて薄く形成され、前記前方領域が前記主磁極層となっており、前記後方領域が前記ヨーク層となっているものである。この実施形態は図 6 である。

【0030】また本発明では、前記主磁極層の上または下に重ねられた前記ヨーク層の前記前端面は、前記主磁極層から離れるしたがってハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されていることが好ましい。

【0031】さらに本発明では、前記主磁極層の前記前端面のトラック幅方向の両側端部は、傾斜面、あるいは湾曲面で形成されていることが好ましい。

【0032】次に本発明における垂直磁気記録ヘッドの製造方法は、以下の工程を有することを特徴とするものである。

(a) 磁性材料で補助磁極層を形成する工程と、(b) 前記補助磁極層上であって、記録媒体との対向面よりも奥側に接続層を形成し、次に前記対向面と接続層間に、前記補助磁極層上に絶縁下地層を介してコイル層を形成した後、前記コイル層上を絶縁層で埋める工程と、

(c) 前記絶縁層の表面を削り、前記絶縁層上面と前記接続層上面を同一面とする工程と、(d) 前記絶縁層上及び接続層上にレジスト層を形成し、次に、少なくとも前記対向面でのトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって広がる抜きパターンを前記レジスト層に形成する工程と、(e) 前記抜きパターン内に主磁極層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、(f) 前記主磁極層よりも厚い膜厚のレジスト層を前記主磁極層上から前記絶縁層上にかけて形成し、前記レジスト層に前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを前記主磁極層上に形成し、あるいは前記絶縁層上であって前記主磁極層の後端面からハイト方向に向けて形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【0033】上記の製造方法により、図 1 あるいは図 2 に示す垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。

【0034】または本発明では、前記 (f) 工程に代えて以下の工程を有するものであってもよい。

(g) 前記主磁極層の周囲に第 2 の絶縁層を形成し、前記第 2 の絶縁層の上面と前記主磁極層の上面とを同一面上に形成する工程と、(h) 前記主磁極層よりも厚い膜厚のレジスト層を前記主磁極層上から前記第 2 の絶縁層上にかけて形成し、前記レジスト層に前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを前記主磁極層および第 2 の絶縁層上に形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【0035】この製造方法により図 11 および図 12 に示す垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。

【0036】または本発明では、前記 (f) 工程に代えて以下の工程を有するものであってもよい。

(i) 前記主磁極層上から前記絶縁層上にかけて第 3 の絶縁層を形成する工程と、(j) 少なくとも前記主磁極層の基端部上に形成された前記第 3 の絶縁層に穴部を形成する工程と、(k) 前記第 3 の絶縁層上に前記主磁極層よりも厚い膜厚のレジスト層を形成した後、前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【0037】この製造方法により図 5 に示す垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。また本発明では、前

記(d)工程ないし(f)工程に代えて、以下の工程を有するものであってもよい。

(l) 前記絶縁層上にレジスト層を形成し、前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、(m) 前記ヨーク層上および前記絶縁層上に、新たに第4の絶縁層を形成し、前記第4の絶縁層を削って、前記第4の絶縁層の上面と前記ヨーク層の上面を同一面とする工程と、(n) 前記ヨーク層上、および第4の絶縁層上に、前記ヨーク層よりも薄い膜厚のレジスト層を形成し、前記ヨーク層の前端面よりも対向面側に位置する前記第4の絶縁層上のレジスト層から前記ヨーク層上のレジスト層にかけて主磁極層の抜きパターンを形成する工程と、(o) 前記抜きパターン内に主磁極層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【0038】この製造方法により図3または図4に示す垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。

【0039】あるいは本発明では、前記(d)工程ないし(f)工程に代えて以下の工程を有するものであってもよい。

(p) 前記絶縁層上及び接続層上にレジスト層を形成し、次に、少なくとも前記対向面でのトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって広がる抜きパターンを前記レジスト層に形成し、さらに前記抜きパターンの基端部を前記接続層上にまで形成する工程と、(q) 前記抜きパターン内に磁性材料層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、

(r) 前記磁性材料層上にレジスト層を形成し、露光現像により前記磁性材料層上の対向面側からハイト方向に所定距離だけ抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内から露出した前記磁性材料層の一部を除去して膜厚を薄くし、この部分を主磁極層とし、前記レジスト層下に形成された磁性材料層をヨーク層とする工程。

【0040】この製造方法により図6に示す垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。

【0041】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0042】図1に示す垂直磁気記録ヘッドHは記録媒体Mに垂直磁界を与え、記録媒体Mのハード面Maを垂直方向に磁化させるものである。

【0043】前記記録媒体Mはディスク状であり、その表面に残留磁化の高いハード面Maが、内方に磁気透過率の高いソフト面Mbを有しており、ディスクの中心が回転軸中心となって回転させられる。

【0044】前記垂直磁気記録ヘッドHのスライダ11は $Al_2O_3 \cdot TiC$ などのセラミック材料で形成されており、スライダ11の対向面11aが前記記録媒体Mに対向し、記録媒体Mが回転すると、表面の空気流により

スライダ11が記録媒体Mの表面から浮上し、またはスライダ11が記録媒体Mに摺動する。図1においてスライダ11に対する記録媒体Mの移動方向は図示Z方向である。垂直磁気記録ヘッドHはスライダ11のトレーリング側端面に設けられている。

【0045】前記スライダ11の側端面11bには、 $Al_2O_3$ または $SiO_2$ などの無機材料による非磁性絶縁層54が形成されて、この非磁性絶縁層54の上に読取り部 $H_R$ が形成されている。

【0046】前記読み取り部 $H_R$ は、下から下部シールド層52、ギャップ層55、磁気抵抗効果素子53、および上部シールド層51から成る。前記磁気抵抗効果素子53は、異方性磁気抵抗効果(AMR)素子、巨大磁気抵抗効果(GMR)素子、トンネル型磁気抵抗効果(TMR)素子などである。

【0047】前記上部シールド層51の上には、 $Al_2O_3$ または $SiO_2$ などの無機材料による非磁性絶縁層12が形成されて、前記非磁性絶縁層12の上に本発明の記録用の垂直磁気記録ヘッドHが設けられている。そして垂直磁気記録ヘッドHは無機非磁性絶縁材料などで形成された保護層13により被覆されている。そして前記垂直磁気記録ヘッドHの記録媒体との対向面H1aは、前記スライダ11の対向面11aとほぼ同一面である。

【0048】前記垂直磁気記録ヘッドHでは、パーマロイ(Ni-Fe)などの強磁性材料がメッキされて補助磁極層21が形成されている前記非磁性絶縁層12は、前記補助磁極層21の下(補助磁極層21とスライダ11の側端面11bとの間)および前記補助磁極層21の周囲に形成されている。そして図1に示すように、補助磁極層21の表面(上面)21aと前記非磁性絶縁層12の表面(上面)12aとは同一の平面上に位置している。

【0049】図1に示すように、前記対向面H1aよりも奥側(ハイト方向、図示Y方向)では、前記補助磁極層21の表面21a上にNi-Feなどの接続層25が形成されている。

【0050】前記接続層25の周囲において、前記補助磁極層21の表面21aおよび前記非磁性絶縁層12の表面12a上に、 $Al_2O_3$ などの非磁性絶縁層26が形成されて、この非磁性絶縁層26の上にCuなどの導電性材料によりコイル層27が形成されている。このコイル層27はフレームメッキ法などで形成されたものであり、前記接続層25の周囲に所定の巻き数となるように螺旋状にパターン形成されている。コイル層27の巻き中心側の接続端27a上には同じくCuなどの導電性材料で形成された底上げ層31が形成されている。

【0051】前記コイル層27および底上げ層31は、レジスト材料などの有機材料の絶縁層32で被覆されており、さらに絶縁層33で覆われている。

【0052】前記絶縁層33は無機絶縁材料で形成され

ることが好ましく、前記無機絶縁材料としては、 $Al_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO$ 、 $AlN$ 、 $AlSiN$ 、 $TiN$ 、 $SiN$ 、 $Si_3N_4$ 、 $NiO$ 、 $WO$ 、 $WO_3$ 、 $BN$ 、 $CrN$ 、 $SiON$ のうち少なくとも1種以上を選択できる。

【0053】そして前記接続層25の表面（上面）25a、底上げ層31の表面（上面）31a、および絶縁層33の表面（上面）33aは、同一面となるように加工されている。このような平坦化加工は後述の製造方法で説明するように、CMP（ケミカル・メカニカル・ポリッシング）技術などを用いて行なわれる。

【0054】この第1実施形態では、前記絶縁層33の上に、主磁極層24が形成されており、前記主磁極層24の前端面24aは、前記対向面H1aと同一面とされている。また前記主磁極層24の基端部24bは前記接続層25の上面25a上に形成されて磁氣的に接続された状態になっている。

【0055】図1に示すように、前記主磁極層24の上には、NiFe合金などのヨーク層35が重ねられて形成されている。また前記ヨーク層35の前端面35aは、前記対向面H1aよりもハイト方向奥側に位置して前記保護層13内に埋没しており、対向面H1aには現れていない。

【0056】なお本発明では前記ヨーク層35の膜厚H2は、主磁極層24の膜厚H1よりも厚く形成される。

【0057】また前記ヨーク層35の前端面35aは、下面から上面に向けてハイト方向（図示Y方向）に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されている。前記ヨーク層35の上に形成される主磁極層24の下面と前記ヨーク層35の前端面35a間の外角 $\theta$ は $90^\circ$ 以上であることが好ましい。これによって前記主磁極層24から前記ヨーク層35に向けて漏れる磁界を少なくでき前記主磁極層24により磁界を集中させることができるからである。

【0058】また図1に示すように、前記底上げ層31の表面31aにはリード層36が形成され、リード層36から前記底上げ層31およびコイル層27に記録電流の供給が可能となっている。なお、前記リード層36は、前記主磁極層24およびヨーク層35と同じ材料で形成でき、および主磁極層24およびヨーク層35とリード層36を、同時にメッキで形成することが可能である。そして、前記ヨーク層35および前記リード層36が前記保護層13に覆われている。

【0059】図1に示す垂直磁気記録ヘッドを真上から見た（矢印方向）平面図は、例えば図10のように示される。図10の平面図に示すように、前記主磁極層24は、前端面24aの上面（主磁極層24のトレーリング側の面）が微小なトラック幅Twで形成され、この幅寸法を保ってあるいは若干幅寸法が広がる幅細の前方領域24cが形成されている。またこの前方領域24cの基

端からは後方領域24dが形成されており、前記後端領域24dではトラック幅方向の寸法が漸次的に広がって形成されている。

【0060】図10に示すように前記ヨーク層35は、前記主磁極層24の後端領域24d上に重ねられて形成されている。前記ヨーク層35は、ハイト方向後方に向けてトラック幅方向への幅寸法が漸次的に広がる形状で形成されている。

【0061】なお本発明では、前記対向面H1aに露出する前記主磁極層24の前端面24aが、前記補助磁極層21の前端面21bの面積よりも大きいことが必要で、例えば図10に示すように、補助磁極層21のトラック幅方向の幅寸法Wrは、前記トラック幅Twよりも十分に大きい幅寸法で形成されることが好ましい。

【0062】なお図10に示す形状は一例に過ぎず、本発明はこの形状に限定されるものではない。すなわち本発明では、前記ヨーク層35を前記対向面H1aと平行な方向から切断したときのある断面の面積が、前記主磁極層24の前端面24aの面積よりも大きくなればよい。

【0063】ただし図10に示す構造では、前記ヨーク層35のトラック幅方向（図示X方向）への幅寸法を、前記主磁極層24の後端領域24dでのトラック幅方向の寸法と同程度かあるいはそれよりも小さい幅寸法で形成することが好ましい。前記主磁極層24と絶縁層33間の段差により、前記ヨーク層35が主磁極層24よりもトラック幅方向へはみ出して形成される部分ではパターン精度が低下し、前記ヨーク層35を所定形状で適切に形成できない場合があるからである。

【0064】ただし例えば図11（正面図）に示すように前記主磁極層24のトラック幅方向（図示X方向）の両側に新たに第2の絶縁層56、56を形成し、CMP技術などを用いて前記主磁極層24の上面24eと前記第2の絶縁層56の上面56aとを同一平面上に加工し、その上に前記ヨーク層35を形成する場合、図12（平面図）に示すように、前記ヨーク層35を、主磁極層24のトラック幅方向の幅寸法よりもはみ出して形成することが可能になる。かかる場合、前記主磁極層24の上面24eと第2の絶縁層56の上面56aとが適切に平坦化されていることで、その上に形成されるヨーク層35をパターン精度良く形成することができる。

【0065】なお前記第2の絶縁層56は無機絶縁材料で形成されることが好ましく、前記無機絶縁材料としては、 $Al_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO$ 、 $AlN$ 、 $AlSiN$ 、 $TiN$ 、 $SiN$ 、 $Si_3N_4$ 、 $NiO$ 、 $WO$ 、 $WO_3$ 、 $BN$ 、 $CrN$ 、 $SiON$ のうち少なくとも1種以上を選択できる。

【0066】また図1に示す実施形態では、前記主磁極層24が前記対向面H1aから前記接続層25上にまで延ばされて形成されているが、例えば前記主磁極層24

が短く形成され、前記接続層 2 5 よりも前記対向面 H 1 a 側に基端部が位置するように形成してもよい。

【0067】かかる場合、前記主磁極層 2 4 の周囲に図 1 1 に示す第 2 の絶縁層 5 6 を形成し、この上にヨーク層 3 5 を形成する。また前記第 2 の絶縁層 5 6 には、前記接続層 2 5 上に穴部を形成し、この穴部内にも前記ヨーク層 3 5 をメッキ形成して、前記ヨーク層 3 5 と接続層 2 5 とを磁氣的に接続させる。

【0068】図 2 は、本発明における第 2 実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0069】図 1 との相違点は、主磁極層 2 4 およびヨーク層 3 5 の構造にある。前記ヨーク層 3 5 の膜厚 H 4 が前記主磁極層 2 4 の膜厚 H 3 より厚く形成されている点は同じであるが、前記主磁極層 2 4 は、対向面 H 1 a からハイト方向（図示 Y 方向）に短く形成され、前記主磁極層 2 4 の後端面 2 4 f から前記ヨーク層 3 5 の前端面 3 5 a が磁氣的に接続し、前記ヨーク層 3 5 がハイト方向後方に向けて前記絶縁層 3 3 上に形成されている。そして前記ヨーク層 3 5 の基端部 3 5 b が前記接続層 2 5 の上面 2 5 a に形成され磁氣的に接続された状態になっている。

【0070】図 1 3 は図 2 の垂直磁気記録ヘッドの平面図である。前記主磁極層 2 4 は、前端面 2 4 a の上面（主磁極層 2 4 のトレーリング側の面）のトラック幅方向（図示 X 方向）への幅寸法が微小なトラック幅 T w で形成され、この幅寸法にて、あるいはこの幅寸法からハイト方向（図示 Y 方向）後方にかけて若干幅寸法が広がる幅細形状で形成されている。なお図 1 3 に示すように、前記主磁極層 2 4 にはハイト方向後方に向けてトラック幅方向への幅寸法が漸次的に広がる後端領域 2 4 d が形成されていてよい。

【0071】前記主磁極層 2 4 の後端面 2 4 f からは前記ヨーク層 3 5 が形成されており、前記ヨーク層 3 5 はハイト方向後方に向けてトラック幅方向への幅寸法が漸次的に広がって形成されている。

【0072】なお図 1 3 に示す形状は一例に過ぎず、本発明はこの形状に限定されるものではない。すなわち本発明では、前記ヨーク層 3 5 を前記対向面 H 1 a と平行な方向から切断したときのある断面の面積が、前記主磁極層の前端面 2 4 a の面積よりも大きくなればよい。

【0073】図 3 は本発明における第 3 実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0074】図 1 との相違点は、主磁極層 2 4 およびヨーク層 3 5 の構造にある。この実施形態でもヨーク層 3 5 の膜厚 H 6 は前記主磁極層 2 4 の膜厚 H 5 に比べて大きくなっているが、前記ヨーク層 3 5 は前記絶縁層 3 3 の上に形成され、前記ヨーク層 3 5 の基端部 3 5 b は前記接続層 2 5 の上面 2 5 a に磁氣的に接続されている。

【0075】また前記ヨーク層 3 5 の前端面 3 5 a は、下面から上面に向けて前記対向面 H 1 a に近づく傾斜面

あるいは湾曲面で形成されている。前記ヨーク層 3 5 の上に形成される主磁極層 2 4 の下面と前記ヨーク層 3 5 の前端面 3 5 a 間の外角  $\theta$  は  $90^\circ$  以上であることが好ましい。これによって前記主磁極層 2 4 から前記ヨーク層 3 5 に向けて漏れる磁界を少なくでき前記主磁極層 2 4 により磁界を集中させることができるからである。

【0076】図 3 に示すように、前記ヨーク層 3 5 の周囲は、新たな第 4 の絶縁層 5 7 によって埋められている。なお図 3 に示すようにヨーク層 3 5 の前端面 3 5 a より対向面 H 1 a 側は前記第 4 の絶縁層 5 7 によって埋められ、前記第 4 の絶縁層 5 7 が前記対向面 H 1 a から現れる。本発明では、前記第 4 の絶縁層 5 7 の上面と前記ヨーク層 3 5 の上面は CMP 技術などを用いて平坦化加工が成されている。

【0077】前記第 4 の絶縁層 5 7 は無機絶縁材料で形成されることが好ましく、前記無機絶縁材料としては、 $AlO$ 、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO$ 、 $AlN$ 、 $AlSiN$ 、 $TiN$ 、 $SiN$ 、 $Si_3N_4$ 、 $NiO$ 、 $WO$ 、 $WO_3$ 、 $BN$ 、 $CrN$ 、 $SiON$  のうち少なくとも 1 種以上を選択できる。

【0078】そして本発明では前記平坦化された前記第 4 の絶縁層 5 7 上からヨーク層 3 5 上にかけて主磁極層 2 4 が形成されている。

【0079】図 1 4 は図 3 に示す垂直磁気記録ヘッドの平面図である。図 1 4 に示すように、前記ヨーク層 3 5 は、トラック幅方向への幅寸法が細くされた幅細の前方領域 3 5 c とこの基端からハイト方向後方に向けて前記幅寸法が漸次的に広がる後端領域 3 5 d とで平面形成されている。

【0080】なお前記前方領域 3 5 c のトラック幅方向への幅寸法は、トラック幅 T w よりも大きく形成されている。

【0081】図 1 4 に示すように、前記第 4 の絶縁層 5 7 上から前記ヨーク層 3 5 上にかけて形成された主磁極層 2 4 は、前端面 2 4 a が前記対向面 H 1 a に現れ、前記前端面 2 4 a の上面はトラック幅 T w で形成されている。前記主磁極層 2 4 は、前記前端面 2 4 a からハイト方向後方へトラック幅寸法で、あるいはそれよりもやや幅広で形成された前方領域 2 4 c と、前記前方領域 2 4 c からハイト方向後方へ向けてトラック幅の寸法が漸次的に広がる後方領域 2 4 d とで平面形成されている。

【0082】なお図 1 4 に示す形状は一例に過ぎず、本発明はこの形状に限定されるものではない。すなわち本発明では、前記ヨーク層 3 5 を前記対向面 H 1 a と平行な方向から切断したときのある断面の面積が、前記主磁極層の前端面 2 4 a の面積よりも大きくなればよい。

【0083】例えば前記ヨーク 3 5 に幅細の前方領域 3 5 c は形成されず、後方領域 3 5 d のみで形成されていてもよいし、また主磁極層 2 4 には、漸次的に幅寸法が広がる後方領域 2 4 d が形成されず、一点鎖線で示され

るように幅細の領域が後方にまで延ばされて形成されていてよい。

【0084】図4は本発明における第4実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0085】図3との違いは主磁極層24が前記対向面H1aからハイト方向後方に短い長さで形成されている点だけである。

【0086】図15は図4に示す垂直磁気記録ヘッドの平面図である。図15に示すように、前記主磁極層24は、前記ヨーク層35の上面と同一平坦面にされた第4の絶縁層57上から前記ヨーク層35上にかけて短い長さで形成されている。前記主磁極層24は、その前端面24aの上面のトラック幅方向の長さが微小なトラック幅Twで形成され、この幅寸法を保ってあるいはこの幅寸法よりもやや幅広になってハイト方向後方に向けて形成されている。図15に示すヨーク層35には図14に示すような幅細の前方領域35cが形成されていないが、形成されていてもかまわない。図15では前記ヨーク層35はトラック幅方向の幅寸法が漸次的に広がる形状で形成されている。

【0087】図16は図4に示す垂直磁気記録ヘッドの別の平面図であり、図15との違いは前記主磁極層24は、幅細の前方領域24cとその基端からトラック幅方向への幅寸法が漸次的に広がる後方領域24dとで構成されている点である。これにより前記ヨーク層35から主磁極層24への磁束の導入を良好にすることができ、効果的に高記録密度化を図ることが可能な垂直記録磁気ヘッドを製造することが可能である。

【0088】なお図15および図16に示す形状は一例に過ぎず、本発明はこの形状に限定されるものではない。すなわち本発明では、前記ヨーク層35を前記対向面H1aと平行な方向から切断したときのある断面の面積が、前記主磁極層の前端面24aの面積よりも大きくなればよい。

【0089】図5は本発明における第5実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0090】図5に示す垂直磁気記録ヘッドと図1とでは、主磁極層24およびヨーク層35の構造が異なる。

【0091】図5に示す構造でも、ヨーク層35の膜厚H8は主磁極層24の膜厚H7よりも大きく形成されているが、前記主磁極層24は前記絶縁層33の上面33aであって、前記対向面H1aからハイト方向（図示Y方向）後方に短い長さで形成されている。さらに前記主磁極層24の後端面からハイト方向に少し距離をおいて、新たな第3の絶縁層58が前記絶縁層33上に重ねて形成されているが、前記第3の絶縁層58は前記接続層25上、および底上げ層31上には形成されていない。

【0092】前記58は無機絶縁材料で形成されることが好ましく、前記無機絶縁材料としては、AlO、Al

$2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO$ 、 $AlN$ 、 $AlSiN$ 、 $TiN$ 、 $SiN$ 、 $Si_3N_4$ 、 $NiO$ 、 $WO$ 、 $WO_3$ 、 $BN$ 、 $CrN$ 、 $SiON$ のうち少なくとも1種以上を選択できる。

【0093】また前記第3の絶縁層58の一部は、前記主磁極層24の上にも形成されているが、前記主磁極層24の基端部24b上には形成されていない。前記主磁極層24上に形成された前記第3の絶縁層58は後述の製造方法で説明するように、ヨーク層33の周囲に形成されたメッキ下地層を除去する際のエッチングから前記主磁極層24を保護する役割を有する。

【0094】前記主磁極層24よりもハイト方向後方に形成された第3の絶縁層58上にはヨーク層35が形成されている。前記ヨーク層35の前方は前記第3の絶縁層58に形成された穴部58aから露出する前記主磁極層24の基端部24b上に形成されて前記主磁極層24に磁氣的に接続された状態になっている。

【0095】前記ヨーク層35の前端面35aは、対向面H1aよりも奥側に形成され、前記前端面35aよりも対向面H1a側は、保護層13によって埋められた状態になっている。また前記前端面35aは図5に示すように、下面から上面にかけてハイト方向に向けて深くなる傾斜面あるいは湾曲面で形成されていることが、前記主磁極層24から前記ヨーク層35に磁界が漏れることを抑制できて好ましい。

【0096】前記前端面35aと下面間の外角 $\theta$ は、 $90^\circ$ 以上であることが好ましい。また前記ヨーク層35の基端部35bは前記接続層25上に形成されて磁氣的に接続された状態になっている。

【0097】また前記ヨーク層35と同一工程で形成されたリード層36は、前記底上げ層31上に形成されている。

【0098】図17は図5に示す垂直磁気記録ヘッドの平面図である。図17に示すように、前記主磁極層24は、前端面24aの上面のトラック幅方向の幅寸法がトラック幅Twの微小な寸法で形成され、この幅寸法を保って、あるいはハイト方向に向けてやや幅広となる前方領域24cと、この基端からトラック幅方向への幅寸法が漸次的に広がる後方領域24dとで構成されている。あるいは一点鎖線に示すように、前記主磁極層24はトラック幅Twを保って、あるいはハイト方向に向けてやや幅広となる前方領域のみで構成されていてよい。

【0099】図17に示すように、前記主磁極層24の基端部24b上に磁氣的に接続したヨーク層35は、ハイト方向後方に向けて漸次的にトラック幅方向の寸法が広がる形状で形成されている。なお前記ヨーク層35の前記対向面H1a側には、図14などで示した幅細の前方領域35cが形成されていてよい。

【0100】なお図17に示す形状は一例に過ぎず、本発明はこの形状に限定されるものではない。すなわち本

発明では、前記ヨーク層 35 を前記対向面 H 1 a と平行な方向から切断したときのある断面の面積が、前記主磁極層の前端面 24 a の面積よりも大きくなればよい。

【0101】図 6 は本発明における第 6 実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0102】図 1 との違いは、主磁極層 24 とヨーク層 35 の構造にある。図 6 では、前記主磁極層 24 の部分と前記ヨーク層 35 の部分とが一体化した磁性材料層 69 が前記絶縁層 33 上に形成されている。図 6 に示すように前記磁性材料層 69 は、前記対向面 H 1 a からハイト方向後方に所定の長さまで前方領域の主磁極層 24 と前記前方領域の基端からハイト方向に向けて形成される後方領域のヨーク層 35 とで構成される。前記ヨーク層 35 となる後方領域の基端部 35 b は前記接続層 25 の上面 25 a に形成され磁氣的に接続された状態になっている。

【0103】この実施形態では図 6 に示すように前記ヨーク層 35 の膜厚 H 10 は前記主磁極層 24 の膜厚 H 9 よりも厚く形成されている。

【0104】図 18 は図 6 に示す垂直磁気記録ヘッドの平面図である。図 18 に示すように、主磁極層 24 の前端面 24 a の上面はトラック幅方向の幅寸法が微小なトラック幅 Tw で形成されている。この幅寸法を保ってあるいはハイト方向に向けてやや幅広となる前方領域 24 c が形成され前記前方領域 24 c が主磁極層 24 となっている。そして前記前方領域 24 c の基端からハイト方向にかけてトラック幅方向の幅寸法が漸次的に広がるヨーク層 35 となる後端領域が一体化して形成されている。

【0105】以上、図 1 ないし図 6 に示す本発明の実施形態の構造を説明したが、本発明における特徴点をまとめると次の通りである。

【0106】(1) 上記いずれの実施形態においても前記主磁極層 24 は平坦化された面上に形成されている。図 1、図 2、図 5 および図 6 は、絶縁層 33 上に形成され、前記絶縁層 33 の上面 33 a は CMP 技術などによる研磨加工によって平坦化されている。また図 3 および図 4 では、第 4 の絶縁層 57 およびヨーク層 35 上に形成され、前記第 4 の絶縁層 57 およびヨーク層 35 の上面は CMP 技術などの研磨加工によって平坦化されている。

【0107】このように本発明ではいずれの実施形態でも前記主磁極層 24 は平坦化面上に形成されているため、前記主磁極層 24 を形成する際のパターン精度を向上させることができ、前記主磁極層 24 の特に前端面 24 a の上面を微小なトラック幅 Tw で正確にしかも容易に形成することができる。したがって本発明では狭トラック化に適切に対応することができ、今後の高記録密度化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能である。なお本発明では前記トラック幅 Tw は 0. 7

$\mu\text{m}$  以下であることが好ましく、より好ましくは 0. 5  $\mu\text{m}$  以下である。

【0108】(2) 本発明ではいずれの実施形態でもヨーク層 35 の膜厚を主磁極層 24 の膜厚よりも厚く形成することができる。図 1 ないし図 5 に示す実施形態では、いずれも主磁極層 24 とヨーク層 35 とが別々に形成されている。このように主磁極層 24 とヨーク層 35 との製造工程を別工程とすることにより、容易に膜厚の薄い主磁極層 24 と膜厚の厚いヨーク層 35 を形成することができ、よって前記主磁極層 24 の前端面 24 a よりも十分に大きい断面積を有する前記ヨーク層 35 を形成できる。従って前記ヨーク層 35 から前記主磁極層 24 に適切に記録磁界を導くことができ、磁束の通過効率が良くなって、オーバーライト特性を向上できる。

【0109】また図 6 に示す実施形態では、主磁極層 24 とヨーク層 35 とが一体に形成されているが、この実施形態においても、前記ヨーク層 35 と主磁極層 24 間に段差を設けることで、前記ヨーク層 35 の膜厚を前記主磁極層 24 の膜厚よりも厚く形成することが可能である。なお製造方法については後述する。

【0110】(3) 図 1 ないし図 5 に示す実施形態では、いずれも主磁極層 24 およびヨーク層 35 が別々に形成されているため、主磁極層 24 のトラック幅寸法を、前記ヨーク層 35 の幅寸法と別のものとして設定できる。

【0111】すなわち従来のように主磁極層 24 とヨーク層 35 とが一体化された形状であると、トラック幅 Tw で形成された主磁極層 24 のハイト方向への長さ寸法をできる限り短くし、前記対向面 H 1 a からハイト方向へそれほど距離が離れていない位置に幅広のヨーク層 35 を形成する方が、前記主磁極層 24 の磁気飽和を防いで、前記主磁極層 24 に磁束を集約させることができ高記録密度を得ることが可能になる。

【0112】しかし前記主磁極層 24 のハイト方向への長さ寸法を短くしすぎると、パターン精度の問題から、前記主磁極層 24 の前端面 24 a の幅寸法を所定のトラック幅 Tw で規定しづらく、トラック幅 Tw や主磁極層 24 の形状のばらつきが発生しやすくなる。

【0113】これに対し本発明のように主磁極層 24 とヨーク層 35 とを別々に形成する場合、例えば図 12 や図 17 に示すように、前記主磁極層 24 のトラック幅 Tw で形成された幅細の前方領域 24 c を長く形成しても、前記ヨーク層 35 を前記主磁極層 24 の前方領域 24 c 上や下に重ねあわせ、前記ヨーク層 35 を前記対向面 H 1 a 側に近づけて形成することが可能になるので、磁束の集約を図ることができると共に、前記主磁極層 24 をパターン精度良く、所定のトラック幅 Tw で形成することが可能になる。また主磁極層 24 およびヨーク層 35 の設計の自由度が増す。

【0114】よって上記の観点からすれば図 1 の場合、

10

20

30

40

50

図 10 に示すように、主磁極層 24 に形成された幅広の後方領域 24 d 上にヨーク層 35 を形成するときは、前記主磁極層 24 の前方領域 24 c を L1 に短くしなければならず、トラック幅 Tw や形状にばらつきが発生しやすくなる。このため図 11 および図 12 に示すように、前記主磁極層 24 の周囲を第 2 の絶縁層 56 で埋めてしまい、CMP 技術によって前記主磁極層 24 および第 2 の絶縁層 56 を平坦化すれば、ヨーク層 35 を平坦化された第 2 の絶縁層 56 上に形成することが可能になるので、図 12 に示すように、主磁極層 24 の前方領域 24 c 上にヨーク層 35 を重ねあわせることができ、よって前記主磁極層 24 の前方領域 24 c を L2 に長く延ばしてパターン精度を向上させ、所定のトラック幅 Tw で形成することが可能になる。

【0115】(4) 本発明のいずれの実施形態でも、図 7 および図 8 (いずれも正面図) に示すように、主磁極層 24 の前端面 24 a の側辺 24 g、24 g が下面から上面に向けてトラック幅方向 (図示 X 方向) への幅寸法が広がる傾斜面あるいは湾曲面となっている。そして前記主磁極層 24 の前端面 24 a の上面 (主磁極層 24 のトレーリング側の端面) がトラック幅 Tw として規制される。

【0116】このように前記主磁極層 24 の前端面 24 a の側辺 24 g、24 g が傾斜面あるいは湾曲面とされ、前記前端面 24 a の形状が略逆台形状であると、前記記録媒体が図示 Z 方向に走行し記録を行った時、図 9 の破線で示すようにスキュー角を生じたとしても、(i i) で示す前記側辺 24 g が記録トラック幅 Tw1 から側方へ斜めに大きくはみ出すことがない。よって前記側辺 24 g によるフリンジングを防止できるようになり、オフトラック性能の向上を図ることができる。

【0117】また図 7 および図 8 の点線に示すように、前記主磁極層 24 の下面両側に形成されている絶縁層 33、57 の上面 33 a、57 b は、主磁極層 24 から離れるにしたがって下面方向へ傾斜、あるいは湾曲しているが、これは、前記主磁極層 24 下以外の前記絶縁層 33、57 上に形成された余分なメッキ下地層 71 を除去する際のエッチングの影響によるものである。

【0118】(5) 図 1 ないし図 5 に示す実施形態のように主磁極層 24 とヨーク層 35 とを別々に形成する場合、主磁極層 24 を前記ヨーク層 35 よりも高い飽和磁束密度を有する磁性材料で形成することが可能である。

【0119】これにより前記ヨーク層 35 よりもトラック幅方向の断面積が小さい前記主磁極層 24 の前端面 24 a から記録媒体 M のハード面 Ma に対し密度の高い磁束  $\Phi$  を垂直方向に与えることが可能にあり、オーバーライト特性を向上させることができる。

【0120】この垂直磁気記録ヘッド H では、リード層 36 を介してコイル層 27 に記録電流が与えられると、コイル層 27 を流れる電流の電流磁界によって補助磁極

層 21 とヨーク層 35 に記録磁界が誘導される。各実施形態に示すように、対向面 H1 a では、前記主磁極層 24 の前端面 24 a と補助磁極層 21 の前端面 21 b からの漏れ記録磁界が、記録媒体 M のハード面 Ma を貫通しソフト面 Mb を通過する。前記主磁極層 24 の前端面 24 a の面積が補助磁極層 21 の前端面 21 b の面積よりも十分に小さいために、前記主磁極層 24 の前端面 24 a に洩れ記録磁界の磁束  $\Phi$  が集中し、この集中している磁束  $\Phi$  により前記ハード面 Ma が垂直方向へ磁化されて、磁気データが記録される。

【0121】次に各実施形態の垂直磁気記録ヘッドの製造方法について以下に説明する。図 19 ないし図 21 は各実施形態の共通の製造工程である。なお図 19 から図 32 に示す一工程図は垂直磁気記録ヘッドの縦断面図を示している。

【0122】図 19 に示す工程では、非磁性絶縁層 12 上に磁性材料製の補助磁極層 21 を形成した後、前記補助磁極層 21 のハイト方向後方も前記非磁性絶縁層 12 で埋め、さらに前記補助磁極層 21 および非磁性絶縁層 12 の上面を CMP 技術などを用いて平坦化加工する。

【0123】次に前記補助磁極層 21 のハイト方向後方に、磁性材料製の接続層 25 をメッキ形成し、さらに前記補助磁極層 21 上面から接続層 25 の上面にかけて無機絶縁材料をスパッタして非磁性絶縁層 26 を形成する。

【0124】次に図 20 に示すように前記非磁性絶縁層 26 の上にフレームメッキ法によりコイル層 27 を形成し、さらに底上げ層 31 を同じくメッキにより形成する。このときコイル層 27 は、前記接続層 25 の高さよりも十分に低い位置に形成する。そして前記コイル層 27 と底上げ層 31 を有機材料の絶縁層 32 で覆い、さらに、無機絶縁材料をスパッタして、全ての層を覆う絶縁層 33 を形成する。

【0125】次に、図 20 の状態に成膜された各層に対して、図示上方から CMP 技術などを用いて研磨加工を行なう。この研磨加工は、前記絶縁層 33、接続層 25 および底上げ層 31 の全てを横断する水平面 (L-L 面) の位置まで行なう。

【0126】前記研磨加工の結果、図 21 に示すように、接続層 25 の表面 25 a、絶縁層 33 の表面 33 a および底上げ層 31 の表面 31 a が全て同一面となるように加工される。

【0127】ここまでの各実施形態において共通する製造工程である。次に図 1 に示す構造の垂直磁気記録ヘッドの製造方法について説明する。

【0128】図 22 に示す工程では、まず前記絶縁層 33 の上面 33 a、接続層 25 の上面 25 a、および底上げ層 31 の上面 31 a の全体にレジスト層 60 を形成し、露光現像により、主磁極層 24 の抜きパターン 60 a を形成する。前記抜きパターン 60 a を、記録媒体と

10

20

30

40

50

の対向面 H1 a から、前記接続層 25 の上面 25 a にまで形成する。また前記底上げ層 31 の上面 31 a からハイト方向（図示 Y 方向）後方にかけても抜きパターンを形成する。そして前記抜きパターン 60 a 内に、主磁極層 24 をメッキ形成し、その後前記レジスト層 60 を除去する。これにより前記対向面 H1 a から接続層 25 まですでに延びる主磁極層 24 が形成される。なお前記主磁極層 24 形成時のメッキ下地層（図示しない）が絶縁層 33 の全面に敷かれているので、前記主磁極層 24 の下に形成された前記メッキ下地層を残して他のメッキ下地層をエッチングで除去する。このとき、前記主磁極層 24 も一部削られるが、これにより前記主磁極層 24 の上面（トレーリング側の端面）のトラック幅 Tw は狭くなり、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能になる。

【0129】次に、図 23 に示す工程では、前記主磁極層 24 上及び絶縁層 33 上の全面にレジスト層 61 を形成する。前記レジスト層 61 は前記主磁極層 24 よりも厚い膜厚とする。その後、露光現像により、ヨーク層 35 の抜きパターン 61 a を形成する。このとき、前記抜きパターン 61 a の前端面 61 b は、記録媒体との対向面 H1 a よりもハイト方向後方に位置するようにする。そして前記抜きパターン 61 a 内にヨーク層 35 をメッキ形成し、その後前記レジスト層 61 を除去する。これによって前記主磁極層 24 よりも厚い膜厚のヨーク層 35 が前記主磁極層 24 の上に重ねられる。

【0130】なお図 10 のように、前記ヨーク層 35 を主磁極層 24 上のみ形成する場合は、前記メッキ下地層は必要ないので、前記メッキ下地層の除去工程は必要ない。

【0131】また図 11 および図 12 の場合は、前記主磁極層 24 の周囲を無機絶縁材料の第 2 の絶縁層 56 で覆った後、CMP 技術を用いて前記主磁極層 24 の上面及び前記第 2 の絶縁層 56 の上面を同一平坦化面に加工する。その後、図 23 の工程に示すように、前記主磁極層 24 上にヨーク層 35 を重ねてメッキ形成する。このとき前記ヨーク層 35 のトラック幅方向における幅寸法が前記主磁極層 24 と重ねられた位置での前記主磁極層の幅寸法より幅広であってもよい。またかかる場合、図 22 工程時に示すように、前記主磁極層 24 を接続層 25 上にまで長く延ばして形成する必要はなく、前記主磁極層 24 を短い長さ寸法で形成できる。またこの場合、前記ヨーク層 35 の基端部 35 b を前記接続層 25 の上面 25 a に形成し、前記ヨーク層 35 の基端部 35 b と接続層 25 とを磁気的に接続させる。

【0132】なお図 23 に示すように、前記抜きパターン 61 a の前端面 61 b よりも対向面 H1 a 側に残されたレジスト層 61 は、その後端面 61 c が、下面から上面にかけてハイト方向に徐々に深くなる傾斜面、あるいは湾曲面で形成されているが、これは、レジスト層 61

の種類を変え、露光現像された部分を残し、露光現像されていない部分を除去できるレジスト層 61 を用いることによって達成できる。またこれにより前記ヨーク層 35 の前端面 35 a を下面から上面にかけてハイト方向（図示 Y 方向）に傾く傾斜面あるいは湾曲面に形成できる。

【0133】上記工程により図 1 に示す垂直磁気記録ヘッドが完成する。図 24 及び図 25 は図 2 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法の一工程図である。

【0134】図 24 に示す工程では、前記絶縁層 33 の上面 33 a、接続層 25 の上面 25 a、および底上げ層 31 の上面 31 a の全体にレジスト層 62 を形成し、露光現像により、主磁極層 24 の抜きパターン 62 a を形成する。前記抜きパターン 62 a を前記対向面 H1 a からハイト方向（図示 Y 方向）後方に短い長さで形成する。そして前記抜きパターン 62 a 内に主磁極層 24 をメッキ形成した後、前記レジスト層 62 を除去する。

【0135】次に図 25 に示す工程では、前記主磁極層 24 上、および絶縁層 33 上の全面にレジスト層 63 を形成した後、前記レジスト層 63 にヨーク層 35 の抜きパターン 63 a を形成する。なお前記レジスト層 63 の膜厚を前記主磁極層 24 の膜厚よりも厚く形成する。また前記レジスト層 63 の抜きパターン 63 a の前端面 63 b が、前記主磁極層 24 の後端面 24 f に位置するようにする。さらに前記抜きパターン 63 a を接続層 25 上にまで形成する。そして前記抜きパターン 63 a 内にヨーク層 35 をメッキ形成し、その後、前記レジスト層 63 を除去する。

【0136】これにより、前記主磁極層 24 の後端面 24 f から前記主磁極層 24 よりも膜厚の大きいヨーク層 35 を形成することができる。また前記ヨーク層 35 は前記接続層 25 上に磁気的に接続されている。なおメッキ下地層（図示しない）が絶縁層 33 の全面に敷かれているので、前記主磁極層 24 の下に形成された前記メッキ下地層を残して他のメッキ下地層をエッチングで除去する。このとき、前記主磁極層 24 も一部削られるが、これにより前記主磁極層 24 のトラック幅 Tw は狭くなり、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能になる。

【0137】またこの製造方法では、前記メッキ下地層の除去工程は、ヨーク層 35 形成後の一回で済み、製造工程を簡略化できると共に、主磁極層 24 は 1 回のエッチング工程に曝されるだけなので、前記主磁極層 24 の高さ寸法を大きく保ちながら狭トラック化を実現することができる。

【0138】上記工程により図 2 に示す垂直磁気記録ヘッドが完成する。図 26 ないし図 28 に示す工程は図 3、4 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造工程を示す一工程図である。

【0139】図 26 に示す工程では、前記絶縁層 33 の

上面 33a、接続層 25 の上面 25a、および底上げ層 31 の上面 31a の全体にレジスト層 64 を形成し、露光現像により、ヨーク層 35 の抜きパターン 64a を形成する。

【0140】図 26 に示すように前記抜きパターン 64a の前端面 64b を前記対向面 H1a よりもハイト方向奥側に形成する。また前記前端面 64b と前記対向面 H1a 間に残されたレジスト層 64 の後端面 64c は、下面から上面にかけて前記対向面 H1a 側に傾く傾斜面となっているが、この傾斜面は前記レジスト層 64 に熱処理を施し、だれを発生させることにより形成することが可能である。また前記抜きパターン 64a を前記接続層 25 上にまで形成する。

【0141】そして前記抜きパターン 64a 内にヨーク層 35 をメッキ形成し、その後前記レジスト層 64 を除去する。これによって前端面 35a が前記対向面 H1a よりもハイト方向奥側に位置する前記ヨーク層 35 を形成することができる。また前記前端面 35a は下面から上面にかけてハイト方向後方に傾く傾斜面あるいは湾曲面であることが好ましい。また前記傾斜面 35a と上面間の外角  $\theta$  は  $90^\circ$  以上であることが好ましい。また前記ヨーク層 35 は前記接続層 25 上に磁氣的に接続された状態になっている。

【0142】なお前記レジスト層 63 を除去した後、前記ヨーク層 35 の下以外の部分に形成されたメッキ下地層（図示しない）をエッチングで除去する。

【0143】次に図 27 に示す工程では、前記ヨーク層 35 上及び絶縁層 33 上に、無機絶縁材料による第 4 の絶縁層 57 を形成する。さらに図 27 に示す M-M 線から前記第 4 の絶縁層 57 を CMP 技術により研磨加工し、これにより前記第 4 の絶縁層 57 の上面とヨーク層 35 の上面とを同一平坦化面にできる。

【0144】次に図 28 に示す工程では、前記第 4 の絶縁層 57 の上、および前記ヨーク層 35 の上にレジスト層 65 を形成し、前記レジスト層 65 に主磁極層 24 の抜きパターン 65a を形成する。

【0145】図 28 に示すように、前記レジスト層 65 の膜厚を、前記ヨーク層 35 の膜厚よりも小さくし、しかも前記レジスト層 65 の抜きパターン 65a の前端面 65b を、対向面 H1a と同一面となるように形成する。前記抜きパターン 65a の後端面 65c に関しては、図 28 のように、ヨーク層 35 の後端面と同一面上にまで形成すれば、主磁極層 24 の形状を図 3 のように形成でき、また前記抜きパターン 65 の後端面 65c を対向面 H1a 側に短く形成すれば、前記主磁極層 24 の形状を図 4 のように形成できる。

【0146】そして前記抜きパターン 26 内に主磁極層 24 をメッキ形成し、その後前記レジスト層 65 を除去する。これにより、前端面 24a が対向面 H1a に現れ、膜厚がヨーク層 35 よりも薄い主磁極層 24 を前記

ヨーク層 35 の上に重ねて形成することができる。

【0147】なお前記主磁極層 24 のメッキ下地層（図示しない）が第 4 の絶縁層 57 およびヨーク層 35 の全面に敷かれているので、前記主磁極層 24 の下に形成された前記メッキ下地層を残して他のメッキ下地層をエッチングで除去する。このとき、前記主磁極層 24 も一部削られるが、これにより前記主磁極層 24 のトラック幅 Tw は狭くなり、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能になる。

【0148】上記の工程により図 3 あるいは図 4 に示す垂直磁気記録ヘッドが完成する。次に図 5 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法について図 29 ないし図 32 の工程図を用いて説明する。

【0149】図 29 に示す工程では、前記絶縁層 33 の上面 33a、接続層 25 の上面 25a、および底上げ層 31 の上面 31a の全体にレジスト層 66 を形成し、露光現像により、主磁極層 24 の抜きパターン 66a を形成する。前記抜きパターン 66a を前記対向面 H1a からハイト方向（図示 Y 方向）後方に短い長さで形成する。そして前記抜きパターン 66a 内に主磁極層 24 をメッキ形成した後、前記レジスト層 66 を除去する。なおメッキ下地層（図示しない）が絶縁層 33 の全面に敷かれているので、前記主磁極層 24 の下に形成された前記メッキ下地層を残して他のメッキ下地層をエッチングで除去する。このとき、前記主磁極層 24 も一部削られるが、これにより前記主磁極層 24 のトラック幅 Tw は狭くなり、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能になる。

【0150】次に図 30 に示す工程では、前記主磁極層 24 上、および絶縁層 33 上の全面に  $Al_2O_3$  や  $SiO_2$  などの無機絶縁材料による薄い膜厚の第 3 の絶縁層 58 を形成する。

【0151】次に図 31 に示す工程では、レジスト層（図示しない）を用いて、前記第 3 の絶縁層 58 の一部を除去して穴部 58a、58b を形成する。一方の前記穴部 58a を前記主磁極層 24 の基端部 24b 上に形成する。また他方の穴部 58b を、接続層 25 上に形成する。

【0152】次に図 32 に示す工程では、前記主磁極層 24 よりも厚い膜厚のレジスト層 67 を前記第 3 の絶縁層 58 上に形成し、前記レジスト層 67 にヨーク層 35 の抜きパターン 67a を露光現像により形成する。

【0153】図 32 に示すように、前記抜きパターン 67a の前端面 67b を、対向面 H1a よりもハイト方向奥側に形成し、また前記抜きパターン 67a を前記接続層 25 上にまで延ばして形成する。

【0154】なお図 32 に示すように、前記抜きパターン 67a の前端面 67b よりも対向面 H1a 側に残されたレジスト層 67 は、その後端面 67c が、下面から上面にかけてハイト方向に徐々に深くなる傾斜面、あるい

は湾曲面で形成されているが、これは、レジスト層 67 の種類を変え、露光現像された部分を残し、露光現像されていない部分を除去できるレジスト層 67 を用いることによって達成できる。

【0155】そして前記抜きパターン 67a 内にヨーク層 35 をメッキ形成し、前記レジスト層 67 を除去する。これにより前記前端面 35a がハイト方向奥側に位置し、前記主磁極層 24 よりも膜厚の厚いヨーク層 35 を形成することができる。

【0156】なお図 32 のように、前記ヨーク層 35 は前記主磁極層 24 の基端部 24b 上と接続層 25 上にそれぞれ磁氣的に接続されている。また前記レジスト層 67 を除去した後、前記ヨーク層 35 の下以外の部分に形成されたメッキ下地層（図示しない）をエッチングで除去する。このとき前記主磁極層 24 の上面は第 3 の絶縁層 58 によって保護されているので、前記エッチング工程で前記主磁極層 24 が削られることを回避できる。

【0157】上記の工程により図 5 に示す垂直磁気記録ヘッドが完成する。次に図 6 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法について図 33 および図 34 を用いて説明する。

【0158】図 33 に示す工程では、前記絶縁層 33 の上面 33a、接続層 25 の上面 25a、および底上げ層 31 の上面 31a の全体にレジスト層 68 を形成し、露光現像により、磁性材料層 69 の抜きパターン 68a を形成する。図 33 に示すように前記抜きパターン 68a の前端面 68b を前記対向面 H1a と同一面上に形成し、また前記抜きパターン 68a を前記接続層 25 上にまで延ばして形成する。

【0159】そして前記抜きパターン 68a 内に磁性材料層 69 をメッキ形成し、前記レジスト層 68 を除去する。なおメッキ下地層（図示しない）が絶縁層 33 の全面に敷かれているので、前記磁性材料層 69 の下に形成された前記メッキ下地層を残して他のメッキ下地層をエッチングで除去する。

【0160】図 33 に示すように前記磁性材料層 69 はその前端面 69a が前記対向面 H1a に現れ、また基端部 69b が前記接続層 25 上に磁氣的に接続された状態になっている。

【0161】次に図 34 に示す工程では、前記磁性材料層 69 上にレジスト層 70 を形成し、露光現像によって前記磁性材料層 69 の前方上に主磁極層 24 形成のための抜きパターン 70a を形成する。

【0162】次に前記抜きパターン 70a 下で露出する磁性材料層 69 の一部をエッチングにて除去する（点線部分）。これにより前記抜きパターン 70a 下に残された磁性材料層 69 の膜厚は薄くなり、この部分が主磁極層 24 となり、エッチングされず膜厚の厚い磁性材料層 69 はヨーク層 35 となり、前記主磁極層 24 とヨーク層 35 とが一体化された図 6 の垂直磁気記録ヘッドが完

成する。なおこの製造方法では、膜厚の厚い磁性材料層 69 を形成した後、磁性材料層 69 の下以外のメッキ下地層を予め除去しているので、例えば図 2.9 ないし図 32 の製造工程のように、ヨーク層 35 形成のエッチング工程で主磁極層 24 が削られないように前記主磁極層 24 を保護するための第 3 の絶縁層 58 が必要ないなど、製造工程を簡略化することが可能である。

【0163】上記したいずれの製造方法でも、前記主磁極層 24 を平坦化面上に形成できるので、前記主磁極層 24 をパターン精度良く形成でき、またメッキ下地層を除去する際のエッチングにより前記主磁極層 24 のトラック幅 Tw を小さくでき、今後の高記録密度化に伴う狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造できる。

【0164】また図 2.2 ないし図 32 に示す工程では、主磁極層 24 とヨーク層 35 とを別工程で形成できるから、前記ヨーク層 35 形成時の膜厚を主磁極層 24 形成時の膜厚よりも厚くして前記ヨーク層 35 の膜厚を主磁極層 24 の膜厚よりも容易に大きく形成できる。また図 33 および 34 に示すように主磁極層 24 とヨーク層 35 とを一体形成する場合も、本発明の製造方法を用いれば、前記主磁極層 24 の膜厚よりも前記ヨーク層 35 の膜厚を厚くできる。

【0165】さらに前記主磁極層 24 とヨーク層 35 とを別々の工程で製造することで、主磁極層 24 のトラック幅 Tw を、前記ヨーク層 35 の幅寸法と別のものとして設定でき、特に図 1、3、4 のように主磁極層 24 とヨーク層 35 とを上下で重ねあわせる構造の場合、前記ヨーク層 35 を自由に対向面 H1a に近い位置に形成できるため、従来よりも前記主磁極層 24 のハイト方向への長さ寸法を長く形成でき、前記主磁極層 24 を所定のトラック幅 Tw で、しかも形状にばらつき無く形成できる。

【0166】以上のように図 1 ないし図 6 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法について説明したが、以下では、本発明における前記主磁極層 24 の前端面 24a の形成方法について説明する。図 35 ないし図 37 は正面図であり、代表的に図 1 の垂直磁気記録ヘッドの製造工程（図 2.2）を用いて説明するが、図 2 ないし図 6 のいずれの垂直磁気記録ヘッドの製造工程にも適用できる。

【0167】図 35 は図 2.2 に示す製造工程時の垂直磁気記録ヘッドの部分正面図である。図 2.2 に示す工程では、前記主磁極層 24 のメッキ下地層 71 を形成した後、この上にレジスト層 60 を形成している。

【0168】次に前記レジスト層 60 に露光現像により主磁極層 24 形成のための抜きパターン 60a を形成する。その後、熱処理を施し、前記レジスト層 60 の内側端面にだれを生じさせる（点線を参照）。これにより前記抜きパターン 60a の内側端面は、下面から上面にかけてトラック幅方向（図示 X 方向）の幅寸法が広がる傾

斜面あるいは湾曲面となる。

【0169】そして図36に示す工程のように、前記抜きパターン60a内に主磁極層24をメッキ形成して前記レジスト層60を除去する。その状態は図37であり、図37に示すように、前記主磁極層24のトラック幅方向の両側側辺24g、24gには、下面から上面にかけて幅寸法が広がる傾斜面あるいは湾曲面が形成される。

【0170】次に前記主磁極層24の下側に形成されたメッキ下地層71以外のメッキ下地層71を異方性エッチングにて除去する。なお前記エッチング角度は、垂直方向に対し45°以上で70°前後傾いていることが好ましい。このエッチング工程により不要なメッキ下地層71aは除去される。また前記エッチング工程により主磁極層24も一部削られる。

【0171】図37に示すように、前記主磁極層24の両側側辺24g、24gが削られることにより、前記主磁極層24の上面の幅寸法で規制されるトラック幅Twは小さくなり（点線で示す）、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。

【0172】なお前記メッキ下地層71に非磁性の例えばCuなどの金属材料を用いた場合、前記主磁極層24下の周囲に若干延出して前記メッキ下地層71が残されていてもかまわないので、前記メッキ下地層71に磁性金属材料を用いる場合に比べてエッチング制御を簡単にすることができる。

【0173】また前記主磁極層24の形成時に、図35および図36のようなレジスト層60を用いない方法もある。これは前記メッキ下地層71を非磁性金属材料で形成した後、前記メッキ下地層71上に無機絶縁材料の層を形成する。さらに前記無機絶縁材料の層上に所定の間隔が空けられたレジスト層を形成し、前記間隔内から露出する前記無機絶縁材料の層をエッチングにより除去する。除去された空間内のトラック幅方向の両側端面は、下面から上面にかけて幅寸法が広がる形状で形成され、この空間内に主磁極層24をメッキ形成する。これによりトラック幅方向の両側側辺24g、24gに下面から上面にかけて幅寸法が広がる傾斜面あるいは湾曲面が形成された主磁極層24を形成することが可能である。

【0174】なお本発明では、前記レジスト層60は、少なくとも前記対向面H1aでのトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層21から離れるにしたがって広がるように形成されていれば良く、前記対向面よりもハイト方向後方における抜きパターンの両側の内端面に図36に示す傾斜面が形成されていなくてもよい。

【0175】また図1ないし図6に示す実施形態では、読取り部H<sub>R</sub>が形成されているが、これが形成されていなくても良い。

【0176】

【発明の効果】以上のように本発明では、主磁極層は平坦化された面上に形成されるので、前記主磁極層を形成する際のパターン精度を向上させることができ、前記主磁極層の特に前端面を微小なトラック幅Twで正確にしかも容易に形成することができる。したがって本発明では狭トラック化に適切に対応することができ、今後の高記録密度化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能である。

【0177】また本発明では、ヨーク層の膜厚を主磁極層の膜厚よりも厚く形成することができ、前記主磁極層の前端面よりも十分に大きい断面積を有する前記ヨーク層を形成できる。従って前記ヨーク層から前記主磁極層に適切に記録磁界を導くことができ、磁束の通過効率が良くなって、オーバーライト特性を向上できる。

【0178】また、主磁極層およびヨーク層を別々に形成し、前記ヨーク層を前記主磁極層の上や下に重ね合わせることで、前記主磁極層のトラック幅Twで形成された幅細の領域を長く形成しても、前記ヨーク層を記録媒体との対向面側に自由に近づけて形成することが可能になるので、磁束の集約を図ることができると共に、前記主磁極層をパターン精度良く、所定のトラック幅Twで形成することが可能になる。

【0179】さらに本発明では、主磁極層の前端面の側辺は下面から上面に向けてトラック幅方向への幅寸法が広がる傾斜面あるいは湾曲面となっており、これにより記録時において、スキュー角を生じたとしても、フリンジングを防止できるようになり、オフトラック性能の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における第1実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図2】本発明における第2実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図3】本発明における第3実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図4】本発明における第4実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図5】本発明における第5実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図6】本発明における第6実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図7】本発明における垂直磁気記録ヘッドの部分正面図、

【図8】本発明における垂直磁気記録ヘッドの別の部分正面図、

【図9】本発明における磁気ヘッドにスキュー角が発生した状態を示す説明図、

【図10】図1の平面図、

【図11】図1の別の実施形態を示す部分正面図、

【図12】図11の平面図、

【図 13】図 2 の平面図、  
 【図 14】図 3 の平面図、  
 【図 15】図 4 の平面図、  
 【図 16】図 4 の別の平面図、  
 【図 17】図 5 の平面図、  
 【図 18】図 6 の平面図、  
 【図 19】本発明における垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、  
 【図 20】図 19 に示す工程の次に行なわれる一工程図、  
 【図 21】図 20 に示す工程の次に行なわれる一工程図、  
 【図 22】図 21 に示す工程の次に行なわれ、図 1 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、  
 【図 23】図 22 に示す工程の次に行なわれる一工程図、  
 【図 24】図 21 に示す工程の次に行なわれ、図 2 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、  
 【図 25】図 24 に示す工程の次に行なわれる一工程図、  
 【図 26】図 21 に示す工程の次に行なわれ、図 3 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、  
 【図 27】図 26 に示す工程の次に行なわれる一工程図、  
 【図 28】図 27 に示す工程の次に行なわれる一工程図、  
 【図 29】図 21 に示す工程の次に行なわれ、図 5 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、  
 【図 30】図 29 に示す工程の次に行なわれる一工程図、  
 【図 31】図 30 に示す工程の次に行なわれる一工程図、  
 【図 32】図 31 に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図 7】

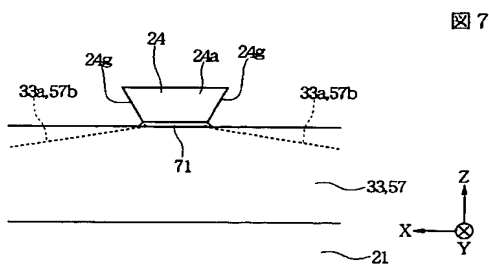


図 7

【図 33】図 21 に示す工程の次に行なわれ、図 6 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、  
 【図 34】図 33 に示す工程の次に行なわれる一工程図、  
 【図 35】主磁極層の前端面の形成方法を示す一工程図、  
 【図 36】図 35 に示す工程の次にお壊れる一工程図、  
 【図 37】図 36 に示す工程の次に行なわれる一工程図、  
 【図 38】従来の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図、  
 【図 39】従来における磁気ヘッドにスキュー角が発生した状態を示す説明図、  
 【符号の説明】  
 H 垂直磁気記録ヘッド  
 H1a 対向面  
 M 記録媒体  
 Ma ハード面  
 Mb ソフト面  
 11 スライダ  
 21 補助磁極層  
 24 主磁極層  
 25 接続層  
 27 コイル層  
 33 絶縁層  
 35 ヨーク層  
 56 第 2 の絶縁層  
 57 第 4 の絶縁層  
 58 第 3 の絶縁層  
 60、61、62、63、64、65、66、67、68、70 レジスト層  
 69 磁性材料層  
 71 メッキ下地層

【図 8】

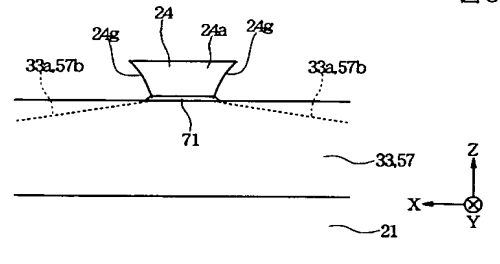
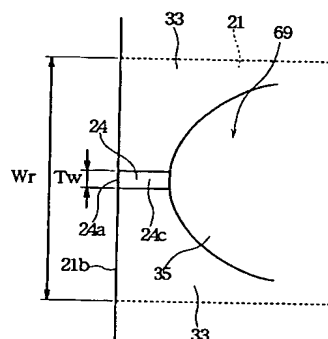


図 8





【図 18】



【図 30】

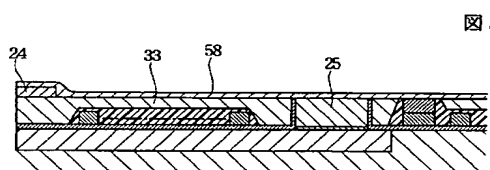


图 30

【図 6】

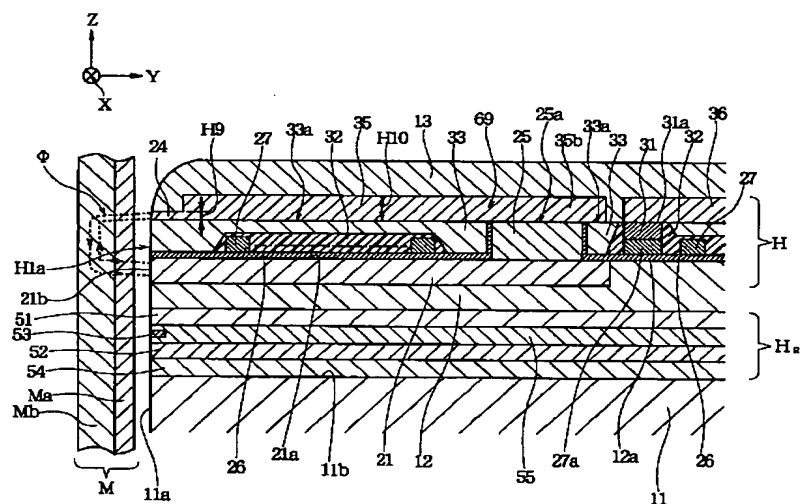
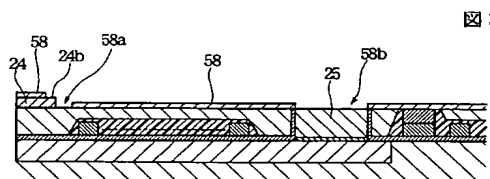


图 6

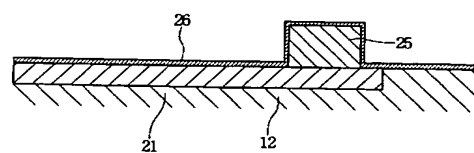
【図 3 1】



☒ 31

【図 19】

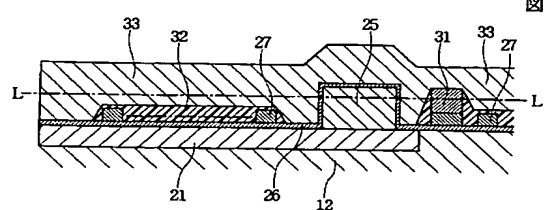
【図 20】



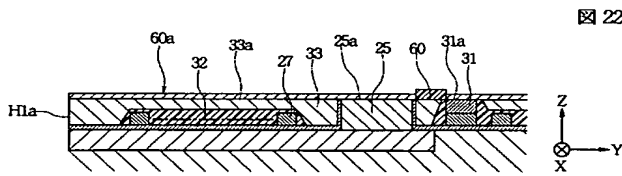
19



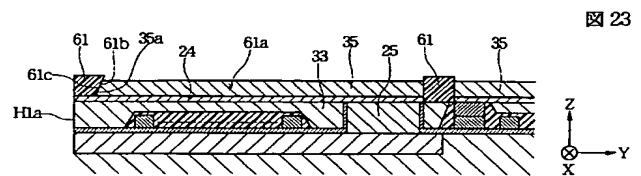
20



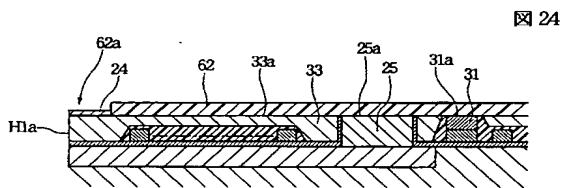
【図 22】



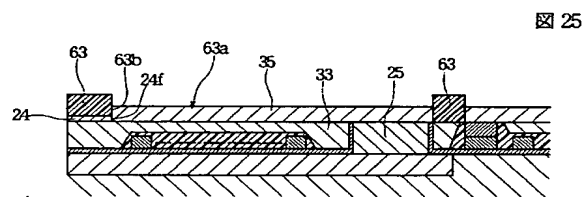
【図 23】



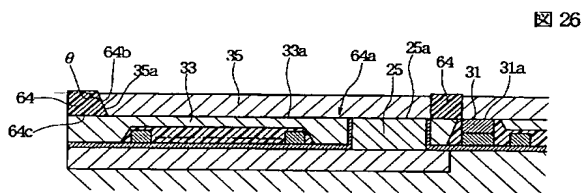
【図 24】



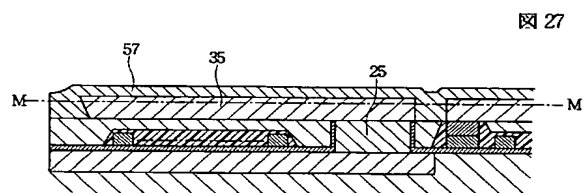
【図 25】



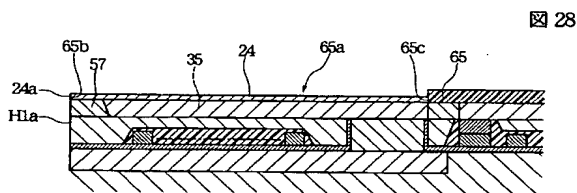
【図 26】



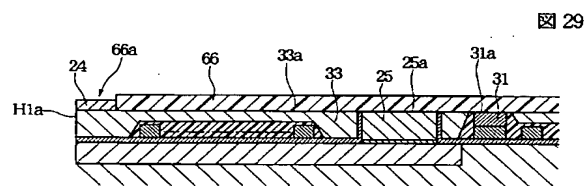
【図 27】



【図 28】

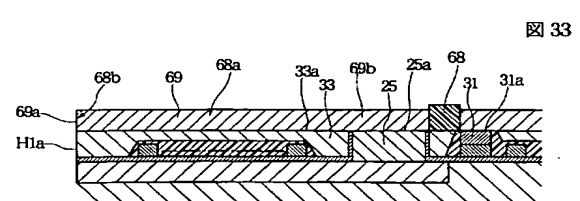
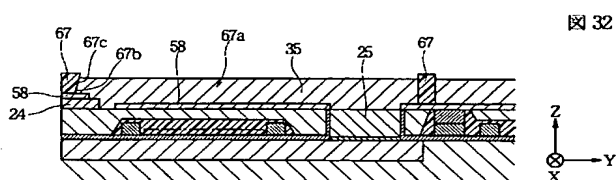


【図 29】

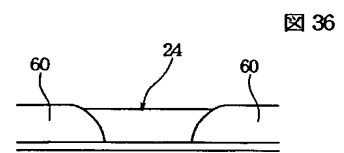


【図 33】

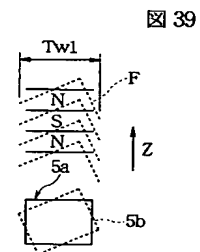
【図 32】



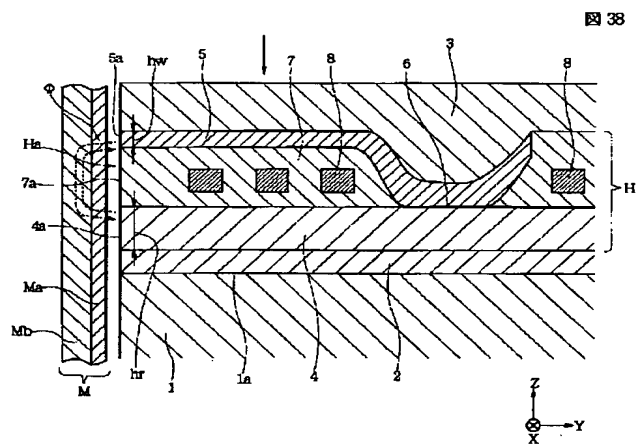
【図 3 6】



【图 39】



【図 3 8】



フロントページの続き

(72)発明者 牛腸 英紀  
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ  
ス電気株式会社内  
(72)発明者 小林 潔  
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ  
ス電気株式会社内  
(72)発明者 山田 稔  
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ  
ス電気株式会社内

(72)発明者 佐藤 清  
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ  
ス電気株式会社内  
(72)発明者 渡辺 利徳  
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ  
ス電気株式会社内  
Fターム(参考) 5D033 AA05 BA08 BA12 CA01 CA02  
DA04 DA07 DA08 DA31  
5D111 AA08 AA11 AA24 BB09 BB16  
GG14 GG16 JJ07 KK04